

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année : 2020

Faculté: Sciences de l'Ingénierat
Département: Electronique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de : MASTER

Intitulé :
**PLANIFICATION DE TRAJECTOIRE
D'UN ROBOT MOBILE**

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Automatique

Spécialité: Automatique et informatique industrielle

Présenté par :
BEGGARI Abderrahmene

DEVANT Le JURY

Président : ABBASSI Hadj Ahmed Prof UBM Annaba

Directeur de mémoire: DEBBACHE Nasr Eddine Prof UBM Annaba

Examineur : LAKEL Rabah Prof UBM Annaba

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier avant tout **ALLAH**, qui nous a donné la santé, le courage, la volonté et la passion de réaliser ce travail.

Je tiens, à exprimer ma gratitude et mes remerciements à mon encadreur **Pr. Debbache N.** pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant de diriger ce travail de master. Qu'il trouve ici, l'expression de ma profonde gratitude pour les encouragements et les conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer pour mener à terme ce travail. Je souhaite que mes efforts et mes résultats soient à la mesure de ses espérances.

Je tiens aussi à remercier Pr ABBASSI et Pr LAKEL pour avoir accepté de présider ce jury et d'examiner le contenu de ce travail.

Je tiens également à remercier tous les professeurs de l'université Badji Mokhtar Annaba, qui ont contribué à ma formation.

Enfin, que tous ceux, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de ce travail trouvent ici, l'expression sincère de mes reconnaissances et ma gratitude.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents qui m'ont permis d'être ce que je suis.

Tous mes chers frères et Sœurs

Toute ma famille Beggari

Tous mes amis Mehdi, Mohammed, Brahim,

A toute personne m'ayant encouragé ou aidé au long de mes études.



Table des matières

ملخص	III
Abstract	IV
Résumé	V
Liste des figures	vi
Liste des tableaux	viii
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralités sur la robotique mobile

I.	Introduction	3
II.	Généralités sur la robotique mobile	3
II.1.	Définition d'un robot mobile	3
II.2.	Classification des robots mobiles	3
II.3.	Applications	4
II.4.	Les avantages dans l'utilisation du robot mobile	5
II.5.	Les moyens de perception en robotique mobile	6
II.6.	L'architecture des robots mobiles	6
II.6.1.	La structure mécanique et motricité	6
a.	Robots mobiles à roues	6
b.	Robots mobiles à chenilles	7
c.	Robots mobiles à pattes	8
d.	Autres moyens de locomotion	8
II.6.2.	Organes de sécurité	8
II.6.3.	Traitement des informations et gestion des tâches	9
III.	Navigation de robot (contrôle basé sur la planification)	10
III.1.	Algorithmes probabilistes	10
a.	basé sur le filtre Kalman	10
b.	à base de filtre à particules	10
III.2.	Planification des tâches	11
III.3.	Planification de mouvement	11
III.4.	Contrôle de suivi de trajectoire	11
IV.	Conclusion	12

Chapitre II : Description des différents composants

I.	Introduction	13
II.	La conception du robot :	13
III.	Les composants du robot mobile	14
III.1.	Carte Arduino UNO	14
III.2.	Les moteurs à courant continu (MCC)	18
III.3.	Module de pilotage de moteur (L298N)	19
III.3.1.	Description	19

III.3.2.	Fonctionnement du double pont en H (L298N)	21
III.4.	NRF24L01	22
III.5.	Le Châssis	23
III.5.1.	Définition	23
III.5.2.	Les différents types (modèles) de châssis	23
III.6.	Les roues et caractéristiques	23
III.7.	Batteries d'alimentation	24
III.8.	Suiveur de ligne	25
III.8.1.	Définition	25
III.8.2.	Spécifications générales	26
III.8.3.	Spécifications techniques	26
III.8.4.	Algorithme de capteur	26
IV.	Conclusion	28

Chapitre III : Conception, réalisation et essais

I.	Introduction	29
II.	Fonctionnement	29
III.	Réalisation de la plateforme	31
III.1.	Simulation de la commande moteur	31
III.1.1.	La connexion entre la carte L298N avec les moteurs et Arduino	31
III.1.2.	Sens de rotation des moteurs avec pont H	32
III.1.3.	Variation de la vitesse du moteur à courant continu (MCC)	33
III.2.	La connexion entre l'Arduino et le module NRF24L01	33
III.3.	Simulation du suiveur de ligne	35
IV.	Réalisation du robot mobile	37
IV.1.	Arduino IDE (v 1.8.9)	38
V.	Montage matériel et logiciel	40
VI.	Test et essai réel	42
VII.	Conclusion	44
	Conclusion générale	45
	Bibliographie	46

ملخص

الهدف من اطروحتنا هو التخطيط لمسار روبوت متحرك قادر على متابعة خط والوصول الى الموضوع المطلوب باستخدام الاتصال اللاسلكي، يعتمد هذا الروبوت على وحدة المعالجة اردوينو اونو بالإضافة الى محاكي لتشغيل المحركات من خلال البرنامج الذي قمنا بإنجازه ويتمثل دورها في تطوير القدرات البشرية للعمل في البيئات المعادية او التي يتعذر الوصول اليها.

الكلمات المفتاحية: روبوت متحرك، متتبع الخط، مركبة ذاتية التحكم، موقع، تخطيط مسار

Abstract

The objective of our thesis is to plan the trajectory of a mobile robot (autonomous vehicle), can following a line and reaching the desired position, with the use of wireless communication. This robot is based on an Arduino Uno microcontroller, as well as a power switch to power the motors that move the robot through the program we have made. Its role is to develop human capacities for action in hostile or inaccessible environments.

Keywords: Mobile robot, line follower, autonomous car, localization, plan a trajectory.

Résumé

L'objectif de notre mémoire est la planification de la trajectoire d'un robot mobile (véhicule autonome), capable de suivre une ligne et atteindre la position désirée, avec l'utilisation de la communication sans fil. La réalisation du robot est à base d'un microcontrôleur Arduino Uno, ainsi qu'un commutateur de puissance pour alimenter les moteurs qui assurent son déplacement à travers le programme que nous avons réalisé. Son rôle est de développer les capacités d'action des humains dans des environnements hostiles ou inaccessibles.

Mots Clés : Robot mobile, suiveur de ligne, véhicule autonome, localisation, planifier une trajectoire.

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1-1 :	Quelques applications des robots mobiles	4
Figure 1-2 :	Robot mobile à roues	7
Figure 1-3 :	Robot mobile à chenilles	7
Figure 1-4 :	Robot Asimo (humanoïde)	8
Figure 1-5 :	Les organes de sécurité	9
Figure 1-6 :	Algorithme du filtre de kalman	10
Figure 1-7 :	Emplacements des tâches.	11
Figure 1-8 :	Planification de mouvement	11
Figure 1-9 :	Exemple d'une arène de robot	12

Chapitre II

Figure 2-1 :	Schéma des différentes unités du robot	13
Figure 2-2 :	Carte Arduino Uno	15
Figure 2-3 :	Propriétés de la carte Arduino Uno	16
Figure 2-4 :	Schéma des « ports »	18
Figure 2-5 :	Moteur à courant continu	19
Figure 2-6 :	Brochage du double pont en H (L298N)	20
Figure 2-7 :	Double pont en H (L298N)	20
Figure 2-8 :	Module NRF24L01	22
Figure 2-9 :	Châssis	23
Figure 2-10 :	Roue motorisée	23
Figure 2-11 :	Batteries	24
Figure 2-12 :	Suiveur de ligne (BFD 1000)	25
Figure 2-13 :	Les cellules du capteur	27
Figure 2-14 :	Distance entre les cellules	28

Chapitre III

Figure 3-1 :	Présentation de la structure	29
Figure 3-2 :	Synoptique de l'ensemble	30
Figure 3-3 :	La connexion entre L298N et moteurs et Arduino	31
Figure 3-4 :	La connexion entre l'Arduino et le module NRF24L01	33
Figure 3-5 :	Connexion entre l'émetteur (TX) et le récepteur (RX)	34
Figure 3-6 :	Programme d'arduino en réception	34
Figure 3-7 :	Les capteurs de couleur	35
Figure 3-8 :	La connexion entre l'Arduino et suiveur de ligne	37
Figure 3-9 :	Interface du logiciel Arduino 1.8.9	39
Figure 3-10 :	Les composants du robot 4WD	40
Figure 3-11 :	Moteurs et roues fixés sur le châssis	41

Figure 3-12 :	Robot mobile	41
Figure 3-13 :	Téléversement de programme vers la carte Arduino	42
Figure 3-14 :	Test sans le NRF24L01	43
Figure 3-15 :	Test générale du robot avec le NRF24L01	43
Figure 3-16 :	Exemple de coordonnées passer par le robot.	44

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1-1 :	Domaines d'applications des robots mobiles.	5
----------------------	---	---

Chapitre II

Tableau 2-1 :	Contrôle du sens de moteur droit	21
Tableau 2-2 :	Contrôle du sens de moteur gauche	21
Tableau 2-3 :	Alimentation des composants	24

Chapitre III

Tableau 3-1 :	Fonction suivre la ligne	36
----------------------	--------------------------	----

Introduction générale

Depuis fort longtemps, l'homme rêve de créer des machines intelligentes capables d'effectuer des tâches à sa place. De ce fait, la robotique autonome est généralement considérée comme un sous-domaine de l'intelligence artificielle, de la robotique et de l'ingénierie de l'information.

On nomme Robot, un dispositif mécanique accomplissant automatiquement des tâches généralement considérées comme dangereuses, pénibles, répétitives ou impossibles pour les humains ou dans un but d'efficacité supérieure.

Ainsi, le Robot est une machine programmable, ne pouvant être séparé de l'ordinateur, n'étant pas piloté par un opérateur humain, exécutant parfaitement de choses précises selon ce qui a été programmé dans l'ordinateur qui la contrôle. Les robots les plus performants peuvent prendre des décisions simples mais dépendent du programme de l'ordinateur.

L'objectif de ce travail consiste à réaliser un robot mobile (voiture autonome) capable de suivre une ligne, éviter des obstacles dans un environnement d'évolution sans l'intervention humaine. Une commande Bluetooth et Infrarouge serviront de guider le robot à distance.

Problématique

La notion d'autonomie en robotique est la capacité d'un robot mobile à se débrouiller par sois même afin de garantir son intégrité, c'est à dire, éviter le danger. Cette capacité, ne peut être permise que par un développement assidu des 3 fonctions suivantes : la locomotion, la perception, et la Décision avec une conception comportementale proche d'une intelligence artificielle.

Aussi, le travail sus présenté s'articule sur trois chapitres :

Introduction générale

Le premier chapitre est une introduction sur la robotique mobile présentant quelques généralités sur le domaine, ses types et domaine d'application.

Après la présentation de la structure matérielle et logicielle globale d'un robot, objet de notre travail, **le second chapitre** donne la description générale de ses composants. On définissant les différents composants utilisés ainsi que leurs fonctionnalités dans le cadre de l'étude et réalisation d'un robot (véhicule autonome) suiveur de ligne avec une planification d'une trajectoire demandée par un utilisateur.

Le troisième chapitre s'attache à faire connaître le déroulement des différentes étapes de fonctionnement, la programmation et la mise en marche du robot mobile.

En conclusion, il sera question des perspectives envisagées pour ce travail.

Chapitre I : Généralités sur la robotique mobile

I. Introduction :

La robotique mobile a connu un essor considérable. Les progrès techniques ont permis la construction de robots de plus en plus perfectionnés : de nombreux périphériques, une puissance de calcul accrue et des moyens de communication performants.[6]

La mobilité autonome des robots est devenue un sujet de recherche développé par tous les pays industrialisés. Qu'il s'agisse de robots mobiles à pattes, à roues ou même sous-marins et aériens, les applications sont vastes et multiples : robots de services, surveillance, construction, nettoyage, manipulation de charges, automobile intelligente, robots d'intervention, robots d'exploration planétaire ou de fonds marins, satellites, robots militaires, etc.

Dans ce chapitre, on s'intéresse aux notions de base de la robotique mobile.

II. Généralités sur la robotique mobile

II.1 Définition d'un robot mobile :

Un robot mobile est un système mécanique, électronique et informatique agissant physiquement sur son environnement en vue d'atteindre un objectif qui lui a été assigné.

Ce système est doté de fonctions de perception, de décision et d'action.

L'appellation Robot mobile regroupe un ensemble de programmes associés, dont les mouvements sont commandés numériquement et synchronisés. Il n'est donc qu'une machine programmable qui ne fait qu'exécuter ce que l'homme lui a programmé.[1]

II.2. Classification des robots mobiles.

La classification des robots mobiles se fait suivant plusieurs critères (degré d'autonomie, système de locomotion, énergie utilisée ...). La classification la plus intéressante et la plus utilisée est selon leur degré d'autonomie. Un robot mobile autonome est un système automoteur doté de capacités décisionnelles et de moyens d'acquisition et de traitement de l'information qui lui permettent d'accomplir sous contrôle humain réduit, un certain nombre de tâches, dans un environnement non complètement connu. On peut citer quelques types :

- Véhicule télécommandé par un opérateur qui lui impose chaque tâche élémentaire à réaliser.

Chapitre I : Généralités sur la robotique mobile

- Véhicule télécommandé au sens de la tâche à réaliser. Le véhicule contrôle automatiquement ses actions.
- Véhicule semi- autonome réalisant sans l'aide de l'opérateur des tâches prédéfinies.
- Véhicule autonome qui réalise des tâches semi- définies

Les principaux problèmes particuliers liés à la conception de tels robots sont :

1. La conception mécanique liée à la mobilité.
2. La détermination de la position et de l'orientation.
3. La détermination du chemin optimal.[7]

II.3. Applications :

Le domaine d'application des robots mobiles est vaste, nous présentons quelques applications dans le tableau suivant (figure .1. 1) et sur le (tableau .1.1).

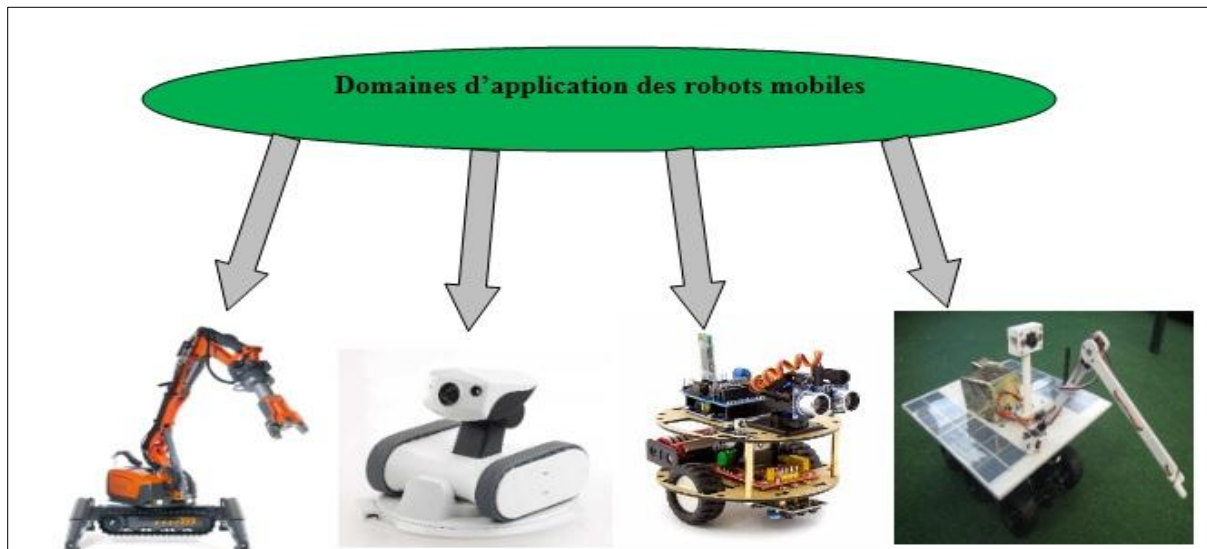


Figure 1-1 : Quelques applications des robots mobiles

Chapitre I : Généralités sur la robotique mobile

Domaines	Applications
Industrie nucléaire	<ul style="list-style-type: none">- surveillance de sites- manipulation de matériaux radioactifs- démantèlement de centrales
Sécurité civile	<ul style="list-style-type: none">- neutralisation d'activité terroriste- déminage- pose d'explosif- surveillance de munitions
Chimique	<ul style="list-style-type: none">- surveillance de site- manipulation de matériaux toxiques
Mine	<ul style="list-style-type: none">- assistance d'urgence
Agricole	<ul style="list-style-type: none">- cueillette de fruits- traite, moisson, traitement des vignes.
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none">- coque de navire- nettoyage industriel
Espace	<ul style="list-style-type: none">- exploration
Industrie	<ul style="list-style-type: none">- convoyage- surveillance
Sous-marine	<ul style="list-style-type: none">- pose de cables- recherche de modules- recherche de navires immergés- inspection des fonds marins
Militaire	<ul style="list-style-type: none">- surveillance- pose d'explosif- manipulation de munitions

Tableau 1.1 : Domaines d'applications des robots mobiles.

II.4. Les avantages dans l'utilisation du robot mobile

Les divers avantages des robots mobiles se résument comme suit :

- Accroissement de la capacité de production ;
- Remplacement de l'homme dans l'exécution des tâches pénibles ou dangereuses ;
- Manutentions.

II.5. Les moyens de perception en robotique mobile

La notion de perception en robotique mobile est relative à la capacité du système à recueillir, traiter et mettre en forme des informations utiles au robot pour agir et réagir dans le monde qui l'entoure.

L'élément de base du système de perception est le capteur qui a pour objet de traduire en une information exploitable des données représentant des caractéristiques de l'environnement.

Les moyens utilisés pour la perception de l'environnement sont nombreux, citons :

- Les systèmes de vision globale ;
- Les télémètres laser et ultrasonores ;
- Les capteurs optiques et infrarouges.
- Les capteurs tactiles.

II.6. L'architecture des robots mobiles

L'architecture des robots mobiles se compose de trois parties essentielles :

- La structure mécanique et la motricité.
- Les organes de sécurité.
- Le système de traitement des informations et gestion de tâches.

II.6.1. La structure mécanique et motricité

Elle assure le mouvement du robot par des roues motrices placées selon le type de mouvement et la précision de la tâche voulue. Il existe quatre types de structures mécaniques assurant la motricité :

a. Robots mobiles à roues

La mobilité par roues est la structure mécanique la plus communément appliquée. Cette technique assure selon l'agencement et les dimensions des roues un déplacement dans toutes les directions avec une accélération et une vitesse importantes

Le franchissement d'obstacles ou l'escalade de marches d'escaliers est possible.[7]



Figure 1-2 : Robot mobile à roues

b. Robots mobiles à chenilles

L'utilisation des chenilles présente l'avantage d'une bonne adhérence au sol et d'une faculté de franchissement d'obstacles. L'utilisation est orientée vers l'emploi sur sol accidenté ou de mauvaise qualité au niveau de l'adhérence.[7]



Figure 1-3 : Robots mobiles à chenilles

c. Robots mobiles à pattes (marcheurs)

Les robots marcheurs sont destinés à réaliser des tâches variées dont l'accès au site est difficile. Leur anatomie à nombreux degrés de liberté permet un rapprochement avec les robots manipulateurs. La locomotion est commandée en termes de coordonnées articulaires. Les différentes techniques étudiées se rapprochent de la marche des animaux et notamment de celle des insectes.[7]

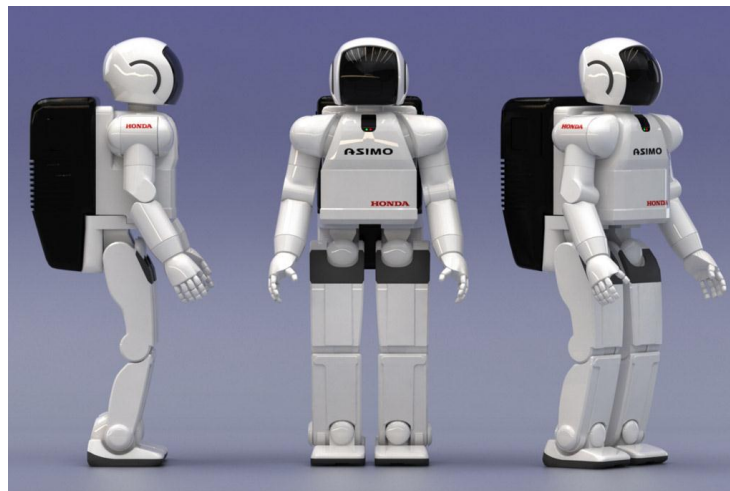


Figure 1-4 : Robot Asimo (humanoïde)

d. Autres moyens de locomotion

Il est d'usage de mettre dans ce groupe tous les robots mobiles qui utilisent un moyen de locomotion différent aux précédents. Par exemple, les robots mobiles qui se déplacent par reptation, les robots sous-marins, les robots pour l'exploration spatiale, les robots volants également appelés « drones », etc. Les applications de ce type de robots sont très spécialisées et les architectures des robots sont en général spécifiques à l'application visée.[2]

II.6.2. Organes de sécurité

Il est dangereux de laisser le robot mobile complètement libre. Donc il est obligatoire qu'il soit doté d'organes garantissant la sécurité. Deux types de capteurs sont employés :

- Les capteurs proximétriques assurant la détection avant collision (ultrasons, hyperfréquences, infrarouge...).

Chapitre I : Généralités sur la robotique mobile

- Les capteurs à contact détectent une collision ou un choc avec l'environnement (contact électrique sur pare-chocs, résistance variable, fibre optique...).

L'organisation de la sécurité d'un robot mobile est représentée sur le schéma suivant :

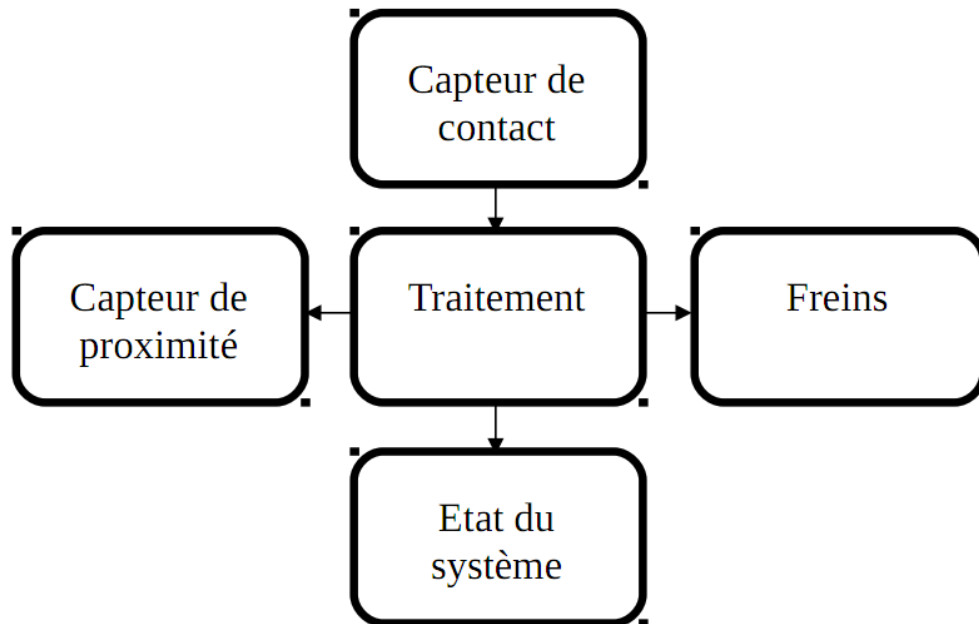


Figure 1-5 : Les organes de sécurité

Le comportement du robot mobile lors de la détection d'un obstacle s'effectue selon plusieurs cas :

* Si le capteur à contact est sollicité, le robot s'immobilise soit définitivement soit tant que le contact persiste ou il effectue un mouvement opposé au contact.

* Si on détecte une présence, la stratégie consiste soit à immobiliser le robot en attendant que la personne s'éloigne, soit à ralentir le mouvement si la personne n'est pas très proche soit à choisir un autre chemin qui l'éloigne de la personne.[7]

II.6.3. Traitement des informations et gestion des tâches

L'ensemble de traitement des informations et gestion des tâches constitue le module information central qui établit les commandes permettant au mobile de réaliser un déplacement et d'activer les divers organes en accord avec l'objectif.

A ce niveau, le problème qui se pose est le problème de génération de plan qui consiste à établir la manière dont le robot se déplace par rapport à des connaissances « statiques » ou obtenues en cours d'évolution « dynamiques »[3]

La génération des plans repose sur trois concepts :

- La stratégie de navigation ;
- La modélisation de l'espace ;
- La planification.

III. Navigation de robot (contrôle basé sur la planification)

III.1. Algorithmes probabilistes

a - . Basé sur le filtre Kalman

* suppose une représentation gaussienne de l'état du robot.

* représentation compacte bonne pour une mise en œuvre en temps réel.

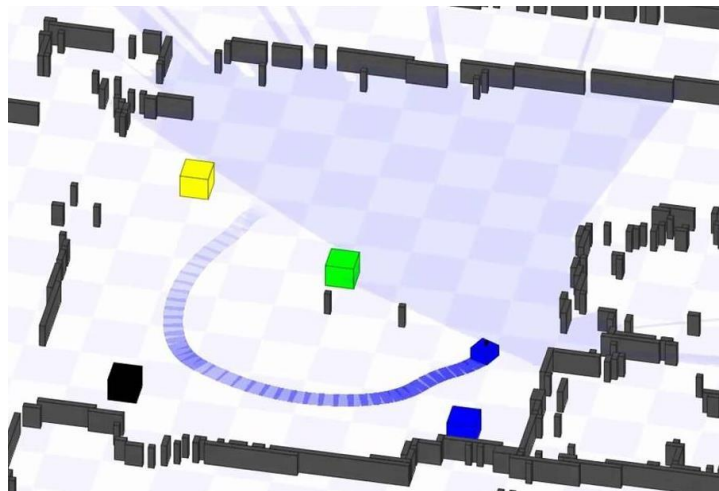


Figure 1-6 : Algorithme du filtre de kalman

b- à base de filtre à particules

Chapitre I : Généralités sur la robotique mobile

* utiliser de nombreuses particules pour représenter l'état du robot. Chaque particule est une estimation de la position du robot avec un poids associé.

III.2. Planification des tâches

Etant donné un ensemble de tâches (ex : emplacements des tâches), identifier la séquence de commande des tâches.

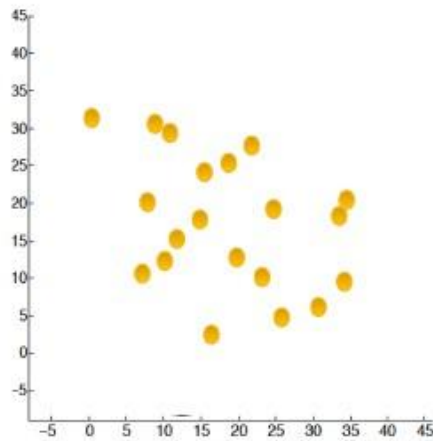


Figure 1-7 : Emplacements des tâches.

III.3. Planification de mouvement

Etant donné la configuration de départ et la configuration d'objectif d'un robot, construire une trajectoire sans collision du début à l'objectif.

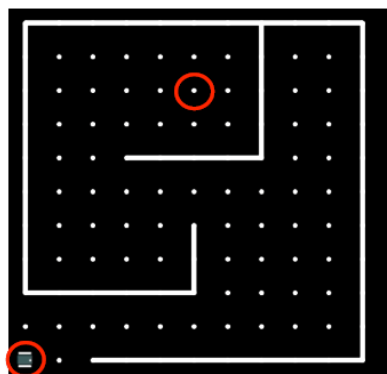


Figure 1-8 : Planification de mouvement

III.4. Contrôle de suivi de trajectoire

Etant donné une trajectoire, déterminer les signaux de commande envoyés aux actionneurs qui

Chapitre I : Généralités sur la robotique mobile

garantissent que le robot suivra la trajectoire.

Technique de suivi de ligne

Dans cette méthode, utilisez les points d'intersection pour déterminer où le robot dans l'arène par le module suiveur de ligne, grâce à la numérotation des points d'intersection (x, y).



Figure 1-9 : Exemple d'une arène de robot

IV. Conclusion

Dans ce chapitre, on a défini les notions de base de la robotique mobile, quelques applications et de classification ont été présentés. Il y a des points qui seront mentionnés plus en détail que d'autres parce qu'ils sont plus étroitement liés au présent projet.

Chapitre II : Description des différents composants

I. Introduction

Dans ce chapitre, on s'intéresse à la réalisation d'un robot et à l'implémentation de l'étude théorique dans notre modèle.

D'abord, nous allons montrer les composants dont nous aurons besoin et les fonctionnalités que nous voudrions mettre en œuvre dans notre robot.

Puis on passe à la conception des circuits des différentes parties du robot où on va montrer comment raccorder et tester les composants du robot.

II. La conception du robot :

Ce schéma montre la structure globale qu'on va suivre pour la réalisation de notre robot différentiel : (Figure.2.1)

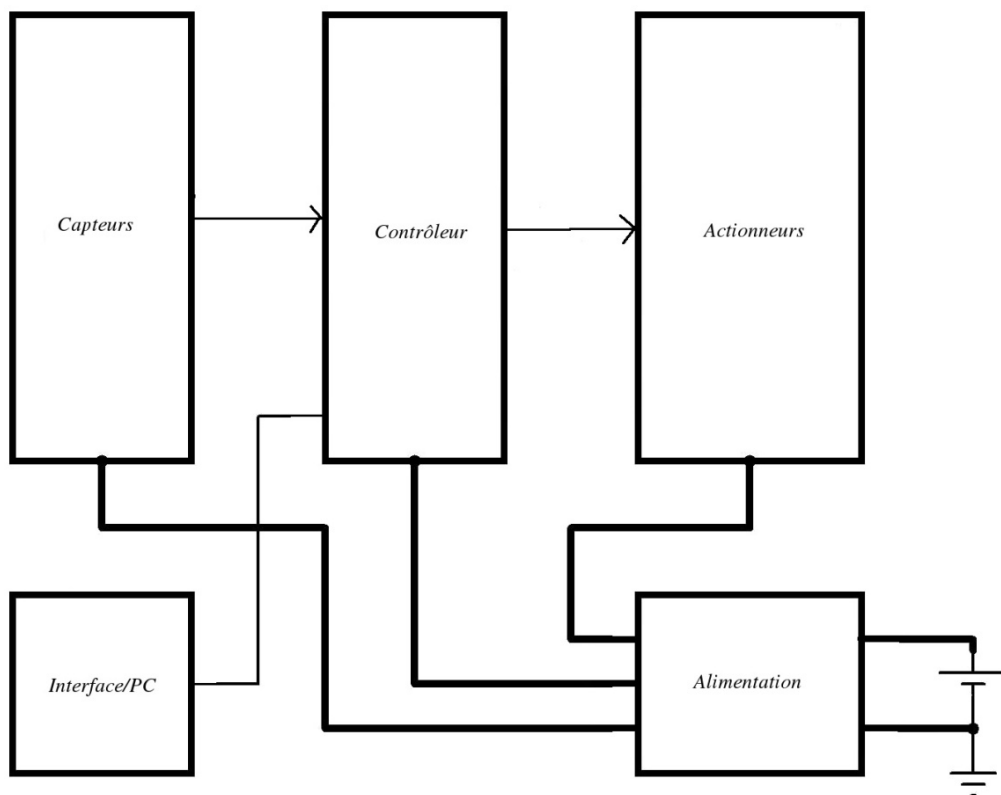


Figure 2-1 : Schéma des différentes unités du robot

III. Les composants du robot mobile :

Pour la plate-forme hardware, on a décidé de choisir le microcontrôleur Arduino avant de commencer l'élaboration de la base mécanique de robot, c'était le choix optimal pour notre robot car on peut facilement agencer les autres composantes autour de lui grâce à sa plateforme d'entrées/sorties permettant de dialoguer (en temps réel) et exécuter les commandes, et aussi pour son interface qui est largement utilisée ce qui signifie qu'il y'a beaucoup d'informations et de ressources disponibles.[5]

Il y a deux aspects fondamentaux nécessaires à la mise en œuvre du projet :

- L'aspect matériel composé essentiellement de :
 - Carte Arduino Uno ;
 - Les moteurs (MCC) ;
 - Module de pilotage de moteur (L298N)
 - Communication sans fil (NRF24L01)
 - Kit de véhicule (châssis et roues) et câbles ;
 - Source d'alimentation (batteries) ;
 - Suiveur de ligne.

- L'aspect logiciel comprenant :
 - Plateforme de programmation Arduino ;
 - Utilisation de programme.

III.1. Carte Arduino UNO :

La carte Arduino Uno sera le cerveau du robot, car elle sera en cours d'exécution le composant qui permettra de contrôler toutes les autres parties. (Figure.2-2)

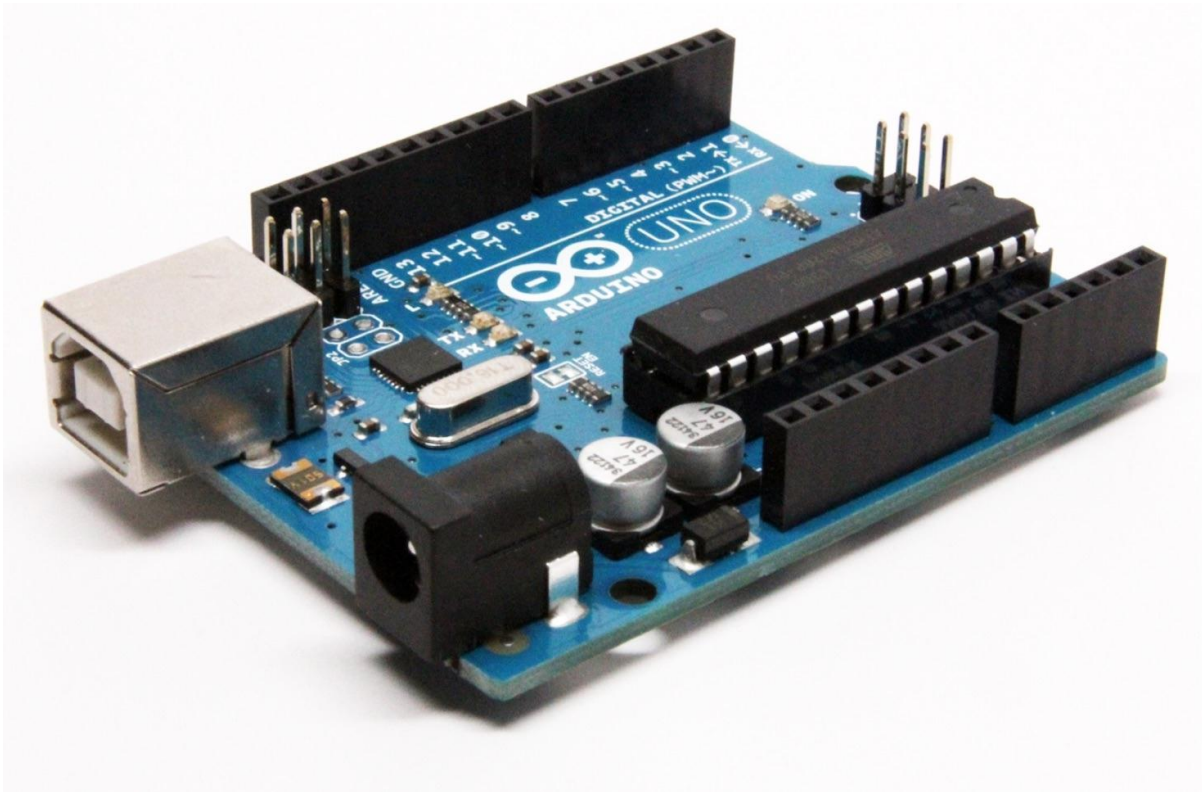


Figure 2-2 : Carte Arduino Uno

L'Arduino Uno est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega328P. Il dispose de 14 broches numériques d'entrée / sortie (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, un cristal de quartz 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, d'une embase ICSP et un bouton de réinitialisation. (Figure2-3)[5]

Chapitre II : Description des différents composants

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V
Broches d'E / S numériques	14 (dont 6 fournissent la sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	6
Courant CC par broche I / O	40 mA
Courant DC pour Pin 3.3V	50 mA
Mémoire flash	32 Ko (ATmega328) dont 0,5 Ko utilisé par bootloader
Mémoire SRAM	2 Ko (ATmega328)
Mémoire EEPROM	1 Ko (ATmega328)
Vitesse de l'horloge	16MHz
Longueur	68,6 mm
Largeur	53,4 mm
Poids	25 g

Figure 2-3 : Propriétés de la carte Arduino Uno

La carte **Arduino Uno** peut être alimentée via la connexion USB ou avec une alimentation externe. La source d'alimentation est automatiquement sélectionnée.

***Les pins (ou broches) d'alimentation sont les suivantes**

- **V-IN**. Tension d'entrée à la carte Arduino à l'aide d'une source d'alimentation externe (par opposition à 5 volts de la connexion USB ou une autre source d'alimentation régulée). Si l'alimentation en tension est faite par l'intermédiaire de la prise d'alimentation, on pourra y accéder via ce pin.

- **5V**. Cette pin délivre un 5V régulé par la carte. Le processeur peut être alimenté soit à partir de la prise d'alimentation DC (7-12V), le connecteur USB (5V), ou le pin V-IN de la carte (7-12). La fourniture d'une tension via les 5V ou 3,3V contourne le régulateur, et peut endommager votre processeur. A déconseiller !

Chapitre II : Description des différents composants

- **3V 3.** Une alimentation de 3,3 volts générée par le régulateur. La consommation de courant maximale est de 50 mA
- **GND.** Masse
- **IOREF.** Ce pin sur la carte Arduino fournit la référence de tension avec laquelle le microcontrôleur fonctionne.

Certaines broches (les pins) ont des fonctions spécialisées :

- **Série : 0 (RX) et 1 (TX).** Permet de recevoir (RX) et transmettre (TX) TTL données série. Ces pins sont connectés aux pins correspondants de l'USB-TTL puce Serial ATmega8U2.
- **Interruptions externes : 2 et 3.** Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, un front montant ou descendant ou un changement de valeur.
- **Impulsion PWM : Broches 3, 5, 6, 9, 10 et 11.** Fournissent une impulsion PWM 8 bits avec la fonction analogWrite
- **LED : 13.** il est équipé d'un conduit par la broche numérique 13. LED Lorsque la broche est à la valeur HIGH, la LED est allumée, lorsque la broche est faible, il est hors tension.

***Entrées et sorties**

Chacune des 14 broches numériques sur la carte Uno peut être utilisée comme une entrée ou une sortie, en utilisant les fonctions (**pin Mode**), (**digital Write**), et (**digital Read**) fonctionnant à 5 V. Chaque broche peut fournir ou recevoir 20 mA en état de fonctionnement recommandée et a une résistance de pull-up interne (déconnecté par défaut) de 20-50k ohm. Un maximum de 40mA est la valeur qui ne doit pas être dépassée sur toutes les broches d'Entrée/Sorties pour éviter des dommages permanents au microcontrôleur (figure 2-4) [4].

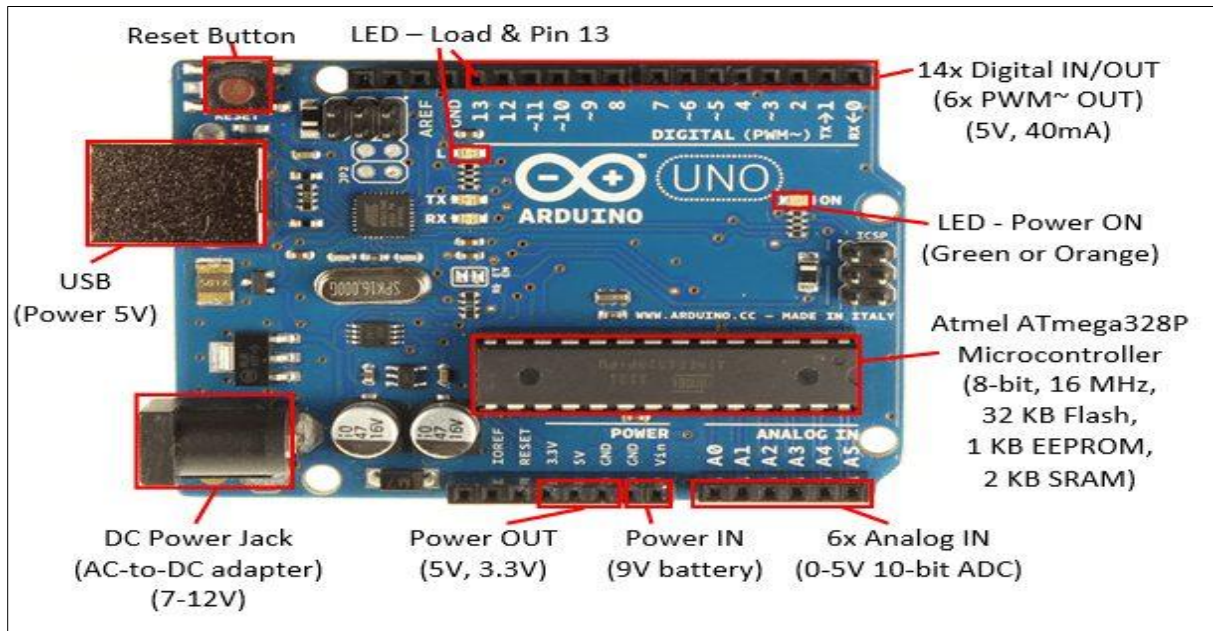


Figure 2-4 : Schéma des « ports »

III.2. Les moteurs à courant continu (MCC) :

➤ Fonctionnement d'un moteur à courant continu

Un moteur à courant continu est un convertisseur électromécanique qui permet la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique selon la source d'énergie. Ainsi, un moteur à courant continu va pouvoir convertir de l'électricité en énergie mécanique de rotation.

Le moteur à courant continu est composé de deux parties principales : le rotor et le stator.

- **Le stator** crée un champ magnétique fixe. Ce stator peut être à aimants permanent ou constitué d'électro-aimants. Il est aussi appelé inducteur.

- **Le rotor** est composé de fils de cuivre enroulés sur un support, lui-même monté sur un axe. Cet axe, c'est l'arbre de sortie du moteur. C'est lui qui va transmettre le mouvement à l'ensemble mécanique (roues dans notre cas). Ainsi lorsque le rotor va recevoir un courant continu, il va induire un champ magnétique variable, ce qui a pour conséquence de mettre en rotation l'arbre du rotor.[2]

Chapitre II : Description des différents composants

Les caractéristiques des moteurs à courant continu utilisé dans notre projet (figure 2-5) sont :

- Taille du Moteur 70mm×22mm×18mm ;
- Moteur Poids : environ 9gr ;
- Tension d'alimentation : entre 3Vet 12 V ;
- Vitesse : 15tr/mm (environ2m/s) ;
- Couple : environ de 0,5kg.cm.



Figure 2-5 : Moteur à courant continu

III.3. Module de pilotage de moteur (L298N)

III.3.1 Description

Ce module de pilotage de moteurs utilise une puce L298N (pont en H).

- Il pilote directement la vitesse **d'un ou deux moteurs** à courant continu DC dans les deux sens de rotation, avec une interface de sortie sous 5V, et fournit une alimentation de 5V.

- Il peut également contrôler un **moteur pas à pas bipolaire** (2 phase step motor).[8]

Chapitre II : Description des différents composants

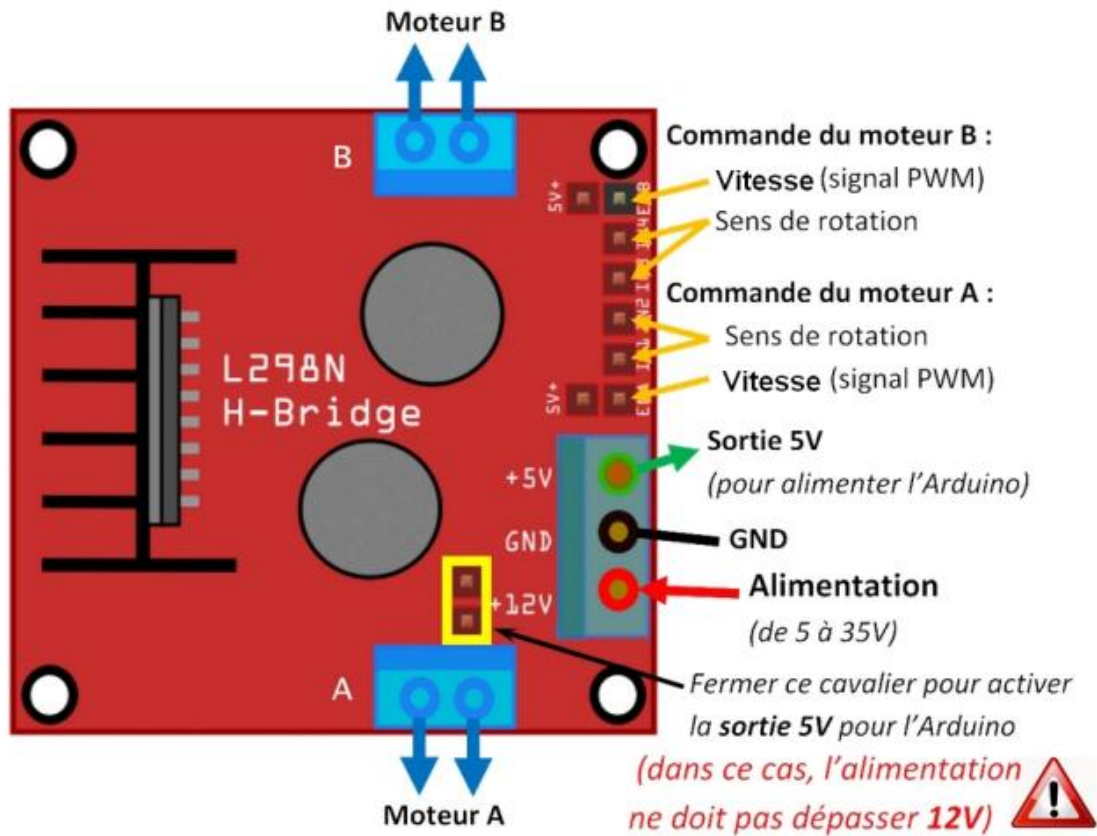


Figure 2-6 : Brochage du double pont en H (L298N)

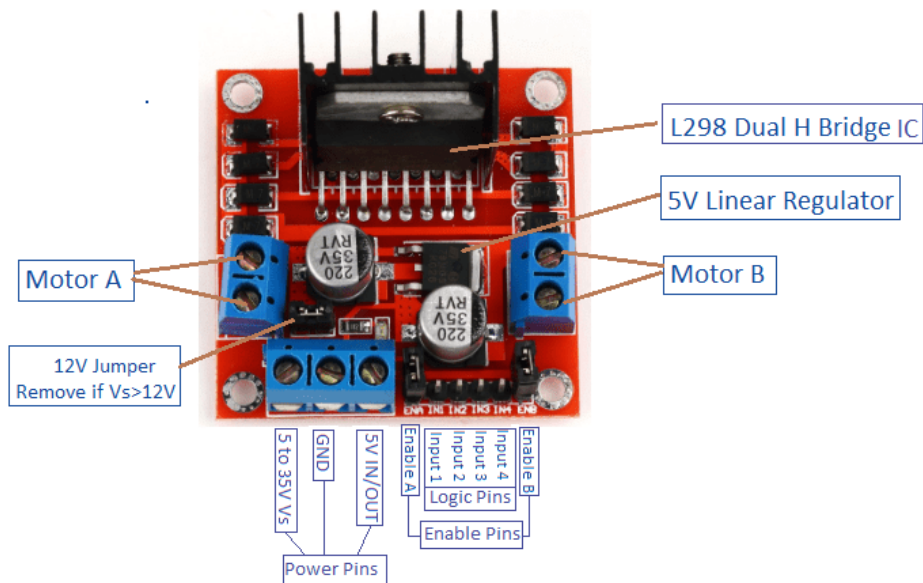


Figure 2-7 : Double pont en H (L298N)

➤ Caractéristiques

- Pont H double : L298N ;
- Courant : de 0 à 36mA (courant maximal : 2A (dans une seule branche) ;

Chapitre II : Description des différents composants

- Tensions : 5V ;
- Puissance Max : 25W ;
- Dimensions : 60mm x 54mm ;
- Poids : 48g.

III.3.2. Fonctionnement du double pont en H (L298N)

Les ports ENA et ENB permettent de gérer l'amplitude de la tension délivrée au moteur, grâce à un signal PWM, les ports IN1, IN2 pour le moteur A et les ports IN3, IN4 pour le moteur B permettent de contrôler le pont en H par conséquent le sens de rotation des moteurs (figure 2-7)[8]

Contrôle sens du moteur droit A

	Sens avant	Sens arrière
IN1	BAS	HAUT
IN2	HAUT	BAS

Tableau 2-1 : Contrôle du sens de moteur droit

Contrôle sens du moteur gauche B

	Sens avant	Sens arrière
IN3	BAS	HAUT
IN4	HAUT	BAS

Tableau 2-2 : Contrôle du sens de moteur gauche

III.4 NRF24L01 :

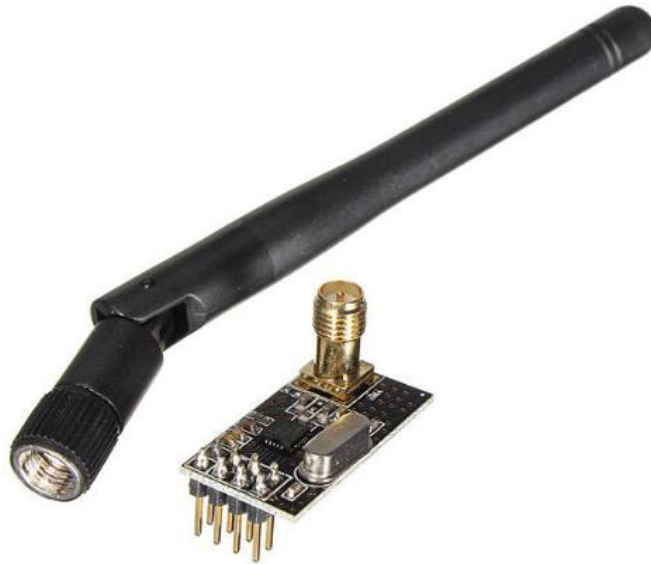


Figure 2-8 : Module NRF24L01

Ce module basé sur le circuit Nordic nRF24L01, un émetteur-récepteur ultra faible puissance (ULP) à 2Mbps pour la bande RF 2,4 GHz ISM (Industriell, Scientifique et Medical).

Le circuit Nordic NRF24L01+ intègre un émetteur-récepteur RF 2.4GHz complet, un synthétiseur RF, et la logique de base.

Un accélérateur supportant une liaison SPI à grande vitesse pour le micro-contrôleur.[9]

*** Fonctionnalités**

- Fonctionnement sur la bande ISM 2,4 GHz sans licence dans le monde entier
- Taux de transfert de données : 250Kbps, 1 Mbps et 2 Mbps.
- Protocole matériel Enhanced ShockBurst™
- Ultra faible consommation d'énergie

*** Caractéristiques**

- Alimentation : 1.9V à 3.6V
- Tension pour la logique : 0 ~ 3.3V / 5V
- Taux d'émission : + 7 dB
- Sensibilité de réception : ≤ -90 dB
- Portée de transmission : 250m en zone ouverte
- Dimension : 15x29mm

III.5. Le Châssis

III.5.1. Définition

Le châssis est le support sur lequel sont fixés tous les éléments du robot (moteurs, roues et circuits électroniques etc.) et il se compose de deux étages, le premier pour placer et installer les moteurs et les capteurs, le deuxième pour placer la carte électronique.

III.5.2. Les différents types (modèles) de châssis

Il existe plusieurs modèles de châssis. Ces derniers se distinguent les uns des autres par la nature de la matière avec laquelle ils sont faits. Le modèle du châssis dépend aussi du nombre de roues. On distingue le modèle triangle (trois roues dont deux roues motrices et une roue folle pour l'équilibre, le modèle quatre (4) roues dont la motricité est assurée par quatre (4) moteurs fixés chacun sur l'une des roues en plastique. Voiture (quatre roues, deux devant et deux derrière). Le choix de châssis s'est porté sur le modèle à quatre (4) roues dont la motricité est assurée par deux (4) moteurs fixés chacun sur l'une des roues en plastique (figure 2-9).

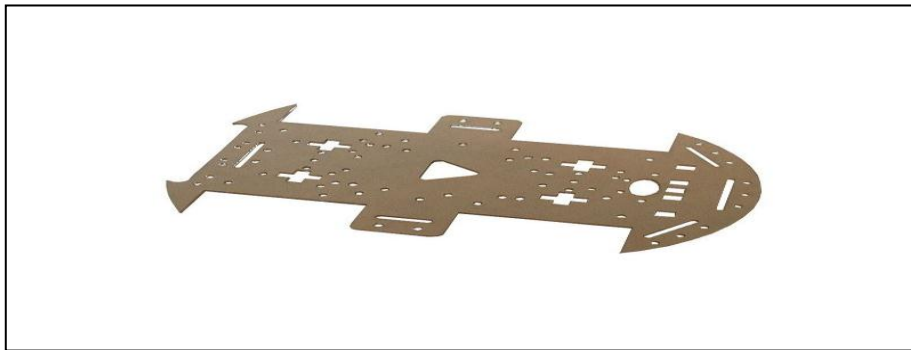


Figure 2-9 : Châssis

III.6. Les roues et caractéristiques



Figure 2-10 : Roue motorisée

Chapitre II : Description des différents composants

- Diamètre de la roue : 65mm ;
- Vitesse de mouvement : 489 m/min sous 6V ;
- Vitesse de rotation : 240 tours/min sous 6V ;
- Taille de la roue : 65 mm X 26mm ;
- Axe de roue : 5,3mm X 6,66mm.

III.7. Batteries d'alimentation



Figure 2-11 : Batteries

Les tensions d'alimentation des différents modules sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2-3 : Consommation en énergie de tout le montage

Composants	Alimentation
Moteur à courant continu	5V/1A
Servomoteur	5V/1A
L298N	12V/25mA
Capteur Ultrason	5V/20mA
Suiveur de ligne	5V/20mA
Module Bluetooth	3.3V-5V/25mA
Module Infrarouge	3.3V-5V/25mA
Carte Arduino UNO	5V/20mA
Arduino Sensor Shield v5.0	5V/20mA

Tableau 2-3 Alimentation des composants

* Les capteurs

Un capteur est un organe de prélèvement des informations qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur de nature différente (très souvent électrique)

Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande. [2]

III.8. Suiveur de ligne :

III.8.1. Définition :

Le module de capteur de suivi de ligne à 5 canaux (BFD-1000) est une carte de capteur conçue pour être utilisée avec des robots suiveurs de ligne. Ce module a été suffisant pour répondre à la tâche quotidienne de suivi, mais aussi avec le capteur de distance infrarouge et le capteur de détection tactile, la carte rend la conception de votre robot capable de s'adapter facilement à la situation.[10]

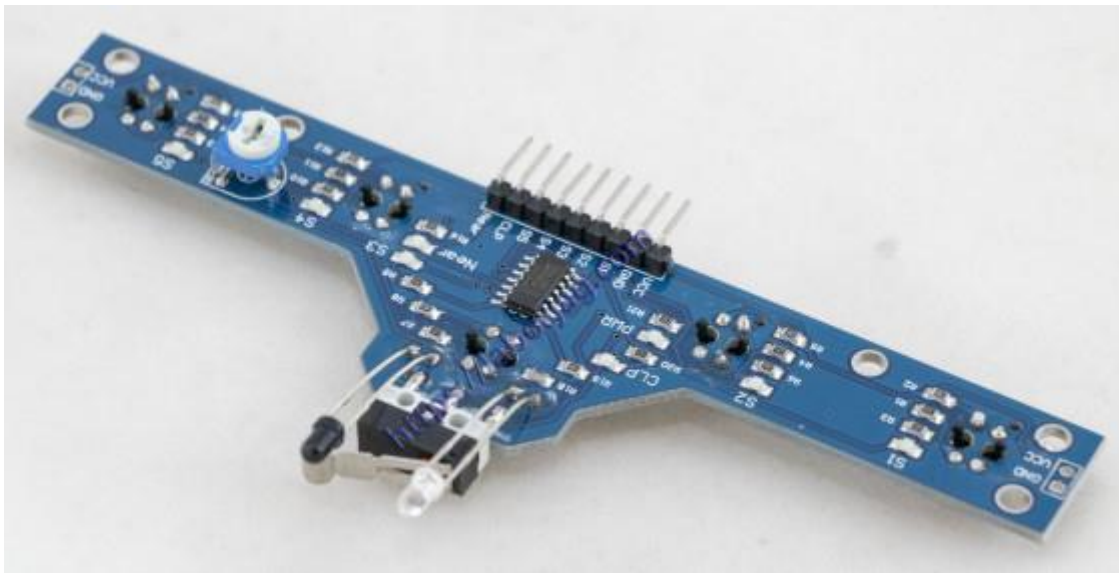


Figure 2-12 : Suiveur de ligne (BFD 1000)

BFD - 1000 spécifiquement conçu comme une ligne noire (blanche) XunQu, particulièrement adapté au complexe de ligne noire et blanche, détection de ligne noire et blanche croisée, il dispose de 6 capteurs infrarouges haute sensibilité (5 échappées de patrouille, 1 route), pour la reconnaissance de la ligne noire et blanche avec précision, il a les fonctions et caractéristiques suivantes:

Chapitre II : Description des différents composants

1. BFD - 1000 capteur de suivi haute sensibilité intégré n ° 5, pour l'impact environnemental des petits, peut suivre précisément la ligne noire complexe (ligne blanche), pour le suivi simple de la ligne noire plus confortable.
2. BFD - 1000 capteur infrarouge intégré de barrière, la distance de fuite peut être réglée par le rhéostat de glissière.
3. BFD - 1000 a un capteur de détection tactile spécialement conçu, de la conception du robot est plus simple.
4. BFD - 1000 tout le signal de sortie au signal numérique (v), connecté avec MCU.
5. Tous les états de sortie du capteur BFD - 1000 ont des voyants LED comme instructions, un débogage pratique.
6. BFD - La tension de support 1000 de 3,0-5,5 v répond à la demande de la plupart des systèmes.
7. En utilisant la haute sensibilité du capteur, le suivi varie entre 0,5 mm et 40 mm pour tout changement et ne nécessite aucun réglage.[10]

III.8.2. Spécifications générales :

- * Capteur haute sensibilité 5 canaux
- * Haute précision pour le suivi de la ligne noire.
- * Capteur de distance à l'avant, la distance peut être ajustée
- * Conception spéciale du capteur tactile, simplifiant la conception du robot
- * Signal de sortie numérique
- * Indicateurs LED

III.8.3. Spécifications techniques :

- * Distance de détection : 0 à 4 cm (capteurs de ligne noir et blanc), 0 à 5 cm (détection de distance réglable)
- * Tension d'entrée : 3,0 V - 5,5 V
- * Forme de sortie : sortie numérique (niveau haut et bas)

III.8.4. Algorithme de capteur :

Le suiveur de ligne est une notion très importante dans le monde de la robotique car il donne au robot un schéma de navigation précis, sans erreur et facile à mettre en œuvre.

Comme vous pouvez le voir sur la figure 2-13, un capteur de ligne est composé d'un nombre de cellules et chaque cellule est composée d'un émetteur et d'un récepteur. La particularité de

Chapitre II : Description des différents composants

ce couple émetteur / récepteur est qu'il envoie une lumière qui doit être réfléchiée par la ligne à détecter mais pas par le fond éventuellement opaque entourant cette ligne. Toute paire émetteur / récepteur capable de faire la différence entre une ligne et le reste du sol (d'une couleur différente) peut être utilisée dans un capteur de ligne.

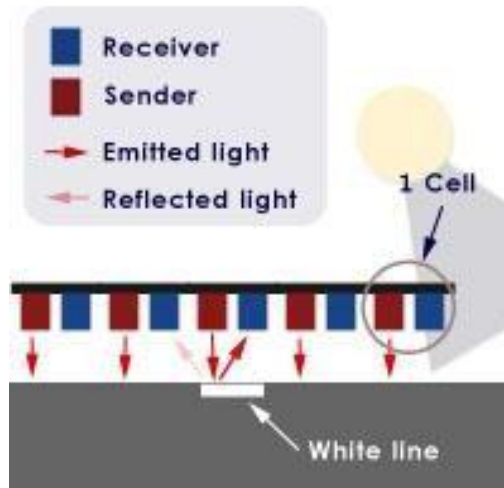


Figure 2-13 : Les cellules du capteur

Le deuxième aspect à prendre en compte lors de la construction d'un capteur linéaire est l'espacement des cellules (ou la distance entre une cellule et l'autre). Pour comprendre l'effet de l'espacement des cellules, considérons le robot d'entraînement différentiel illustré à la figure (2-14), avec un capteur de ligne à huit cellules, dont les cellules sont numérotées de 1 à 8 (de gauche à droite). Trois situations différentes sont représentées. Dans la première, les cellules 4 et 5 détectent la ligne, indiquant que le robot est parfaitement centré sur la ligne. Dans la première situation, l'espacement entre les cellules n'est pas très critique, mais si le robot fait accidentellement un virage de 10° à l'écart de la ligne (deuxième situation), vous remarquerez que seule la cellule numéro 6 détecte la ligne, qui est la seule indication que le contrôleur aura environ cette erreur de 10° . Cela signifie que, très probablement, une erreur inférieure à 10° ne sera même pas remarquée.

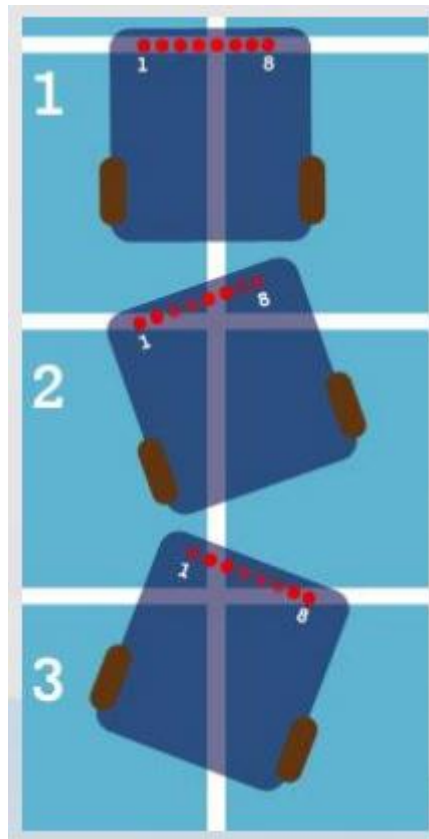


Figure 2-14 : Distance entre les cellules

IV. Conclusion

Dans ce chapitre on a porté sur quelques concepts théoriques et on a expliqué chaque composant principal du montage afin d'assurer un bon fonctionnement du système.

Pour l'Arduino, nous avons expliqué une de ses deux parties essentielles (la partie matérielle) en citant ses caractéristiques. La partie de programmation sera expliquée dans le prochain chapitre.

Chapitre III : Conception, réalisation et essais

I. Introduction

Ce chapitre explique la démarche des différentes étapes de fonctionnement, de programmation, de simulation et de mise en marche du robot mobile.

II. Fonctionnement :

Le robot est guidé par l'utilisateur qui donne les coordonnées (x et y), à l'aide d'un PC.

La structure commande robot est de type Maître- Esclave (figure 3-1) :

- Le PC qui est le « maître », est équipé d'une interface logicielle de commande adaptée au processus à commander ;
- Le robot qui est « l'esclave » exécute les ordres donnés par le PC.

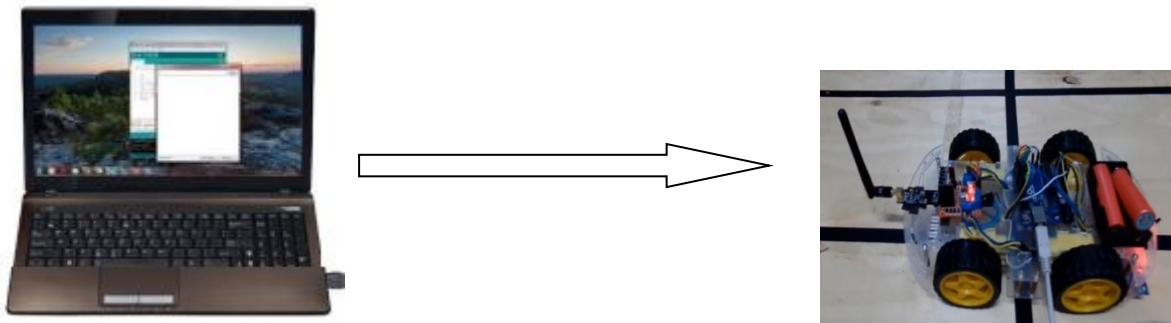


Figure 3-1 : Présentation de la structure

Le schéma synoptique sous forme architecturale fait ressortir les différents composants qui constituent le projet ainsi que leurs interconnexions. Il se présente selon le schéma de la figure 3-2.

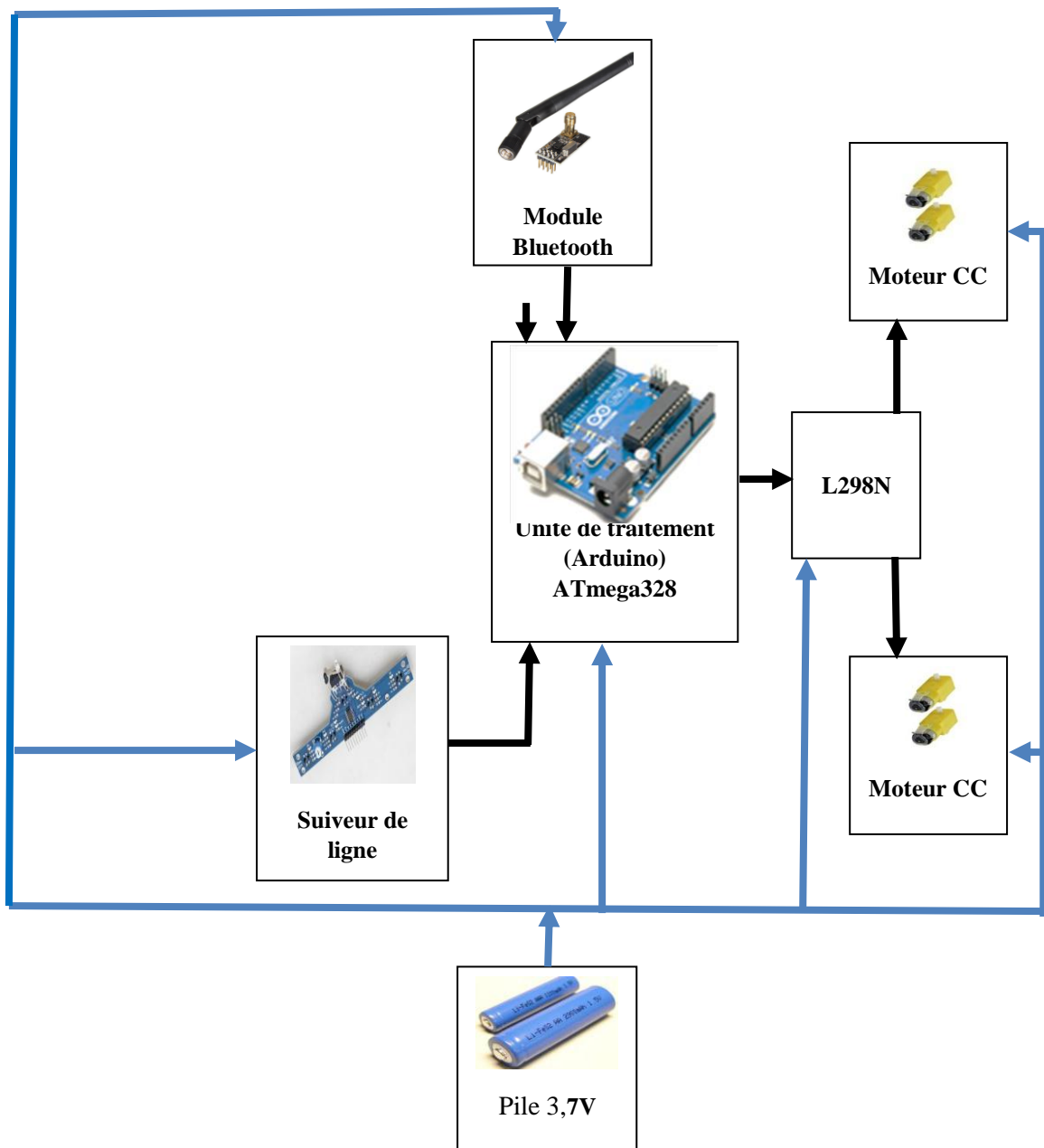


Figure 3-2 : Synoptique de l'ensemble

Pour bien connaître, la structure générale du robot mobile ainsi que ses interfaces de commandes, sont présentées ci-dessus :

- La batterie permet d'alimenter tous les éléments du montage avec différents niveaux de tension ;
- Le module NRF24L01 permet la communication entre le PC et le robot ;
- Le module suiveur de ligne, situé sous le véhicule, assure le suivi d'une ligne noire dans un schéma ;

- Les moteurs à courant continu fait le déplacement du robot ;
- Le module L298N permet de contrôler le sens de rotation des moteurs ;
- La carte Arduino Uno est l'élément principale du projet car c'est elle qui fait le traitement et le contrôle de données ;

III. Réalisation de la plateforme

III.1. Simulation de la commande moteur

III.1.1. La connexion entre la carte L298N avec les moteurs et Arduino ;

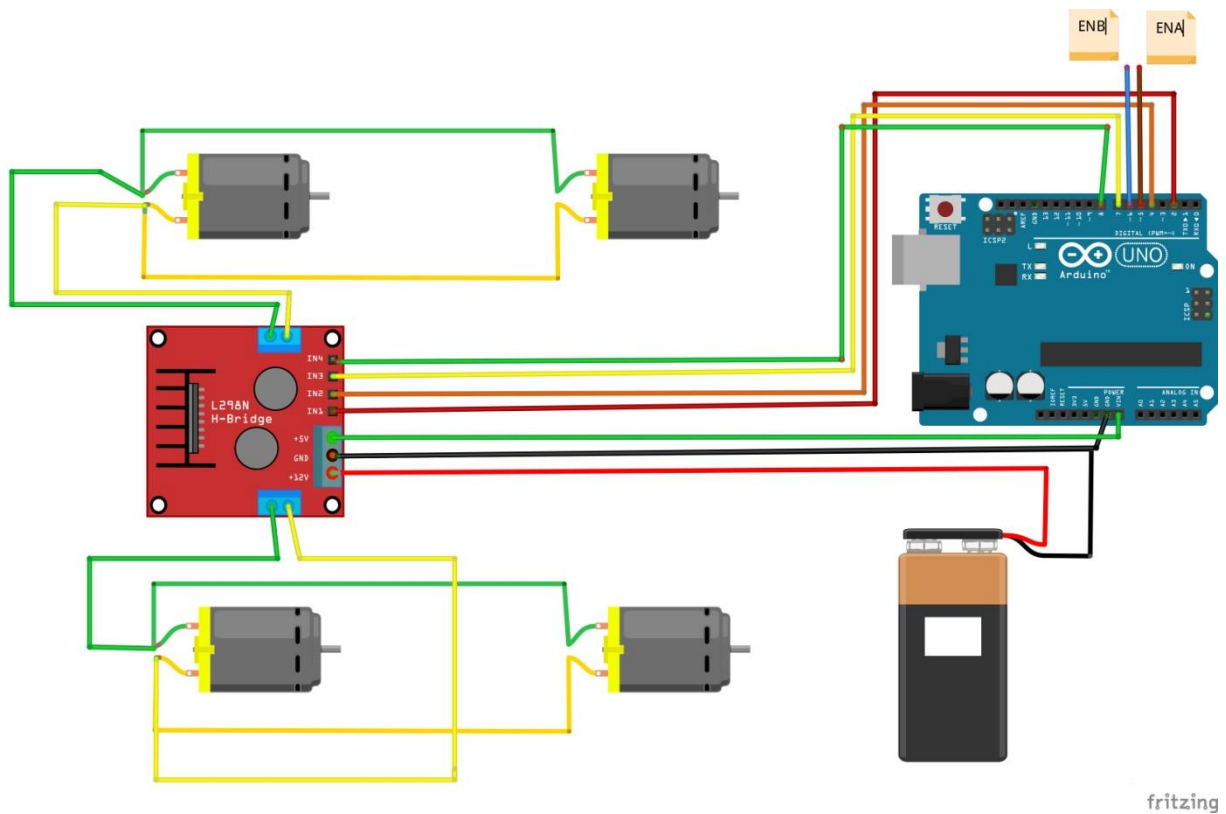


Figure 3-3 : La connexion entre L298N et moteurs et Arduino

Les caractéristiques de branchements :

- ENA : à relier au pin 5 d'Arduino ;
- ENB : à relier au pin 6 d'Arduino ;
- IN1 : à relier au pin 2 d'Arduino ;
- IN2 : à relier au pin 4 d'Arduino ;
- IN3 : à relier au pin 7 d'Arduino ;
- IN4 : à relier au pin 8 d'Arduino ;

- 12v : à relier à la batterie ;
- GND : à relier au GND de Arduino et GND de la batterie.

III.1.2. Sens de rotation des moteurs avec pont H

Il y a cinq modes de fonctionnement de moteurs ont été utilisées selon une logique indiquée.

Avancer

IN1=0logique(0v)

IN2=1logique(5v)

IN3=0logique(0v)

IN4=1logique(5v)

Reculer

IN1=1logique(5v)

IN2=0logique(0v)

IN3=1logique(5v)

IN4=0logique(0v)

Gauche

IN1=0logique(0v)

IN2=1logique(5v)

IN3=1logique(5v)

IN4=0logique(0v)

Droite

IN1=1logique(5v)

IN2=0logique(0v)

IN3=0logique(0v)

IN4=1logique(5v)

Arrêt

IN1=0logique(0v)

IN2=0logique(0v)

IN3=0logique(0v)

IN4=0logique(0v)

III.1.3. Variation de la vitesse du moteur à courant continu (MCC)

Pour une variation de la vitesse des moteurs. Nous utilisons les avantages de la carte Arduino permettant d'exploiter la technique PWM qui est présentée par des broches spécifiées 3, 5, 6, 9, 10 et 11 sur la carte ARDUINO et symbolisés par le symbole alternatif.

Sur le pont H, elle est utilisée sur les broches ENABLE (sur des drivers moteurs, elle est écrite PWM).

III.2. La connexion entre l'Arduino et le module NRF24L01 :

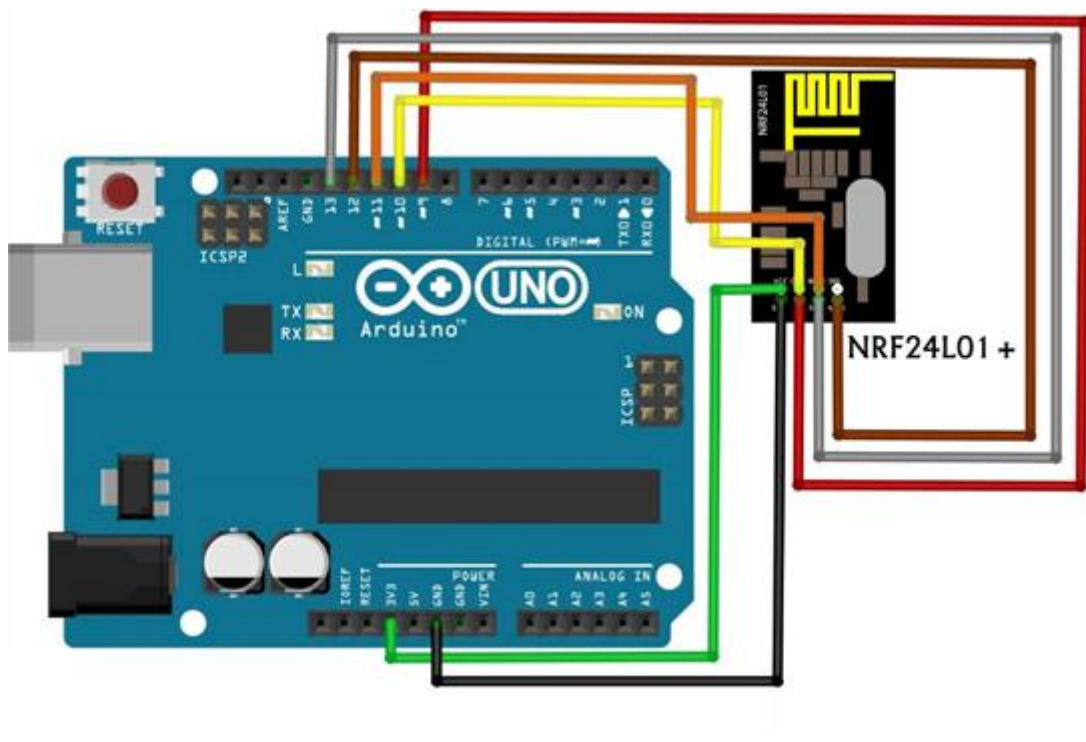


Figure 3-4 : La connexion entre l'Arduino et le module NRF24L01

- VCC : alimentation en 3.3V du Arduino ;
- GND : à relier au GND du Arduino ;
- CE : à relier au pin 9 du Arduino.
- CSN : à relier au pin 10 du Arduino,
- SCK : à relier au pin 13 du Arduino,
- MOSI : à relier au pin 11 du Arduino,
- MISO : à relier au pin 12 du Arduino,

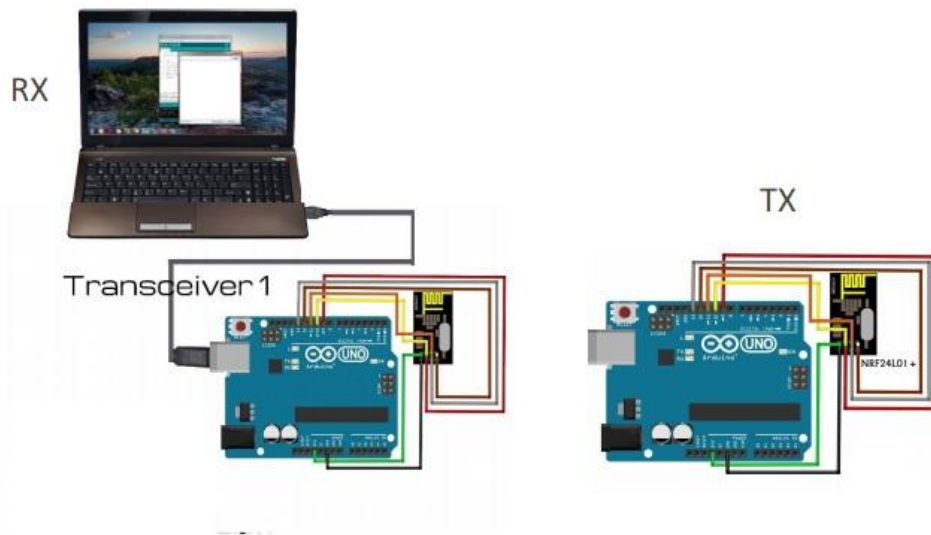


Figure 3-5 : Connexion entre l'émetteur (TX) et le récepteur (RX)

Sur le récepteur on va voir les coordonnées de x et y lorsque le robot est en fonctionnement a l'aide de ce programme :

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

int pxy[2];

RF24 radio(9, 10);
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1, pipe);
  radio.startListening();
}

void loop()
{
  if ( radio.available() )
  {
    radio.read(pxy, sizeof(pxy));
    Serial.print(" ");
    Serial.print(pxy[0]);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(pxy[1]);
    Serial.println("");
    //delay(1000);
  }
}
```

Figure 3-6 : Programme d'arduino en réception

III.3. Simulation du suiveur de ligne :

Le principe de fonctionnement d'un suiveur de ligne est décrit selon les schémas de la figure 3-7 et la logique fonctionnelle de suivie de ligne montrée au tableau 3-1

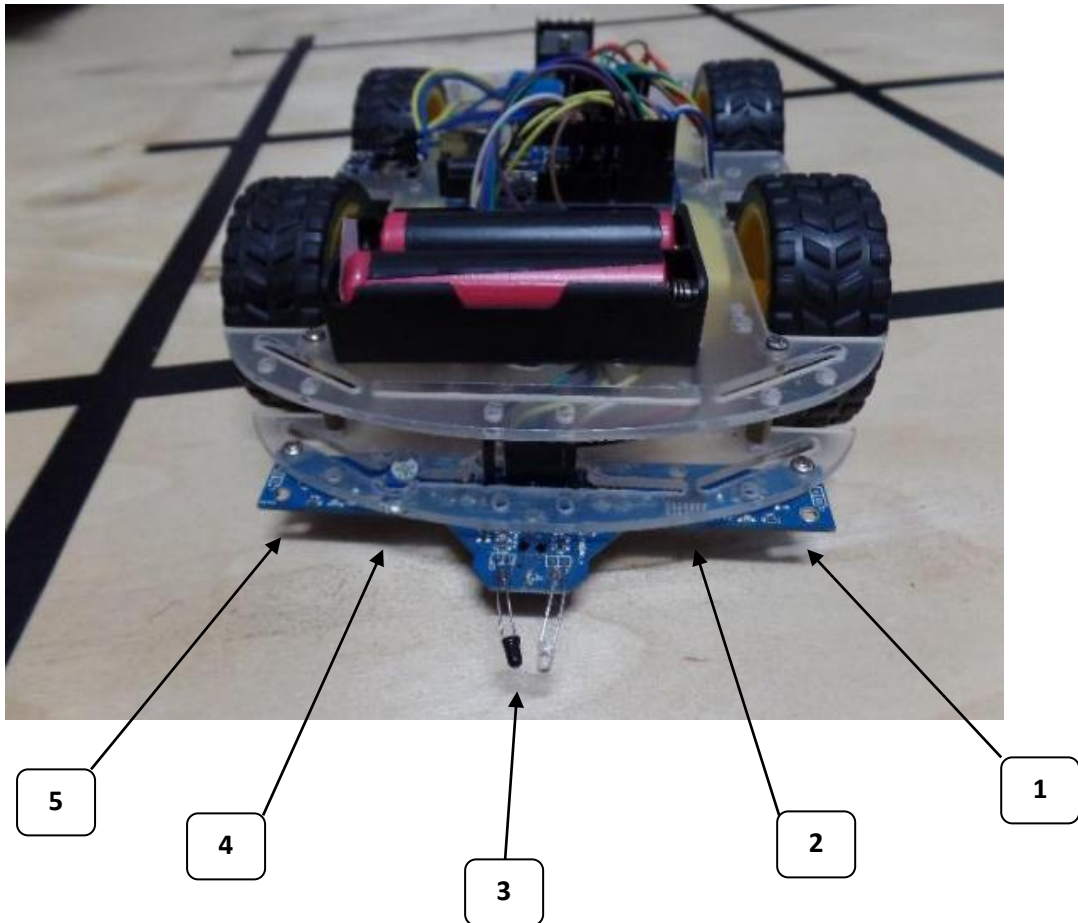


Figure 3-7 : Les capteurs de couleur

➤ Tableau de fonction suivre la ligne

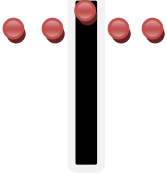
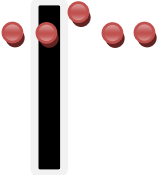
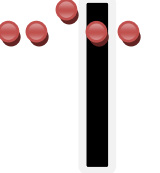

Position de la ligne	Etat des capteurs : 0 = actif 1 = inactif					Action du robot
	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	
	1	1	0	1	1	Aller tout droit
						Tourner à droite
						Tourner à gauche
						S'arrêter
	1	0	1	1	1	Aller tout droit
						Tourner à droite
						Tourner à gauche
						S'arrêter
	1	1	1	0	1	Aller tout droit
						Tourner à droite
						Tourner à gauche
						S'arrêter
	0	0	1	0	0	Aller tout droit
						Tourner à droite
						Tourner à gauche
						vérification de l'orientation

Tableau 3-1 : Fonction suivre la ligne

Les cinq capteurs de couleur transmettent une information binaire à la carte Arduino, état (0) en cas d'une surface noire et état (1) si la surface est blanche.

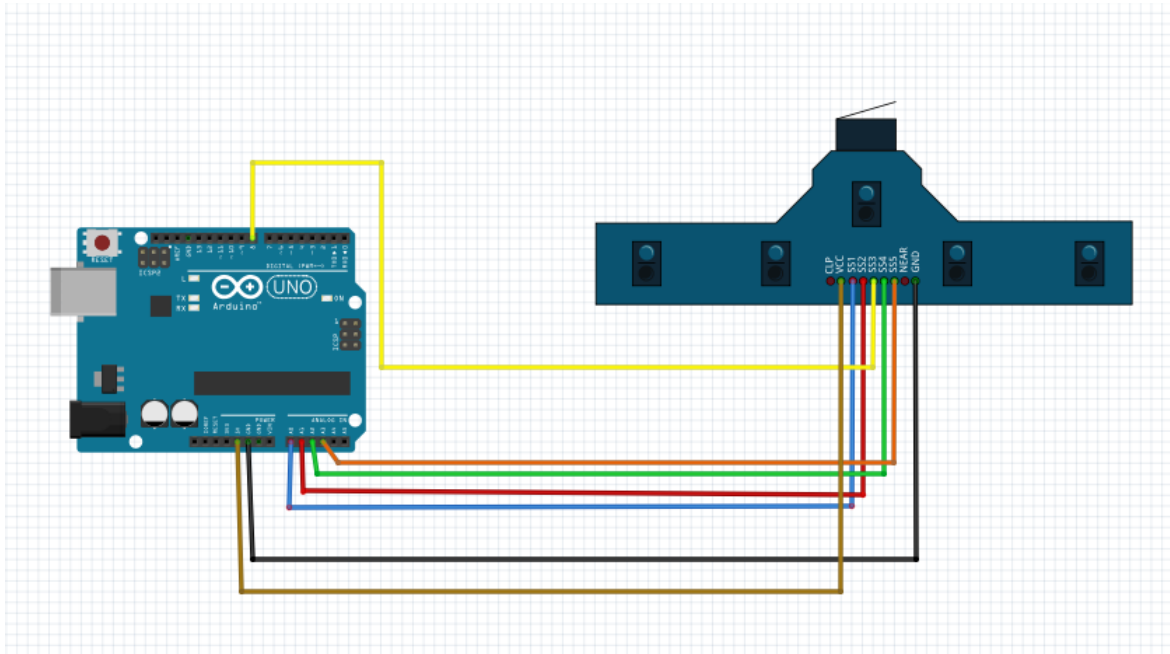


Figure 3-8 : La connexion entre l'Arduino et suiveur de ligne

Le branchement est le suivant :

- VCC : alimentation en 5V du Arduino ;
- GND : à relier au GND de l'Arduino ;
- Ss1 : à relier au pin A0 de l'Arduino ;
- Ss2 : à relier au pin A1 de l'Arduino ;
- Ss3 : à relier au pin 8 de l'Arduino.
- Ss4 : à relier au pin A2 de l'Arduino ;
- Ss5 : à relier au pin A3 de l'Arduino ;

IV. Réalisation du robot mobile

L'idée principale de ce projet est de réaliser un robot véhicule qui répond aux commandes par une communication sans fil en plus d'avoir un mode autonome avec un mode suiveur de ligne. Donc on va présenter le parti logiciel, les programmes des différents modules sous Arduino, la présentation et la mise en marche du robot étape par étape.

IV.1. Arduino IDE (v 1.8.9) :

C'est le logiciel de programmation des modules Arduino, est une application Java, libre et multiplateforme dérivée de Processing servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler et téléverser les programmes via l'interface en ligne de commande.

Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec avr-g++, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant d'utiliser la carte et ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino à toute personne maîtrisant le C ou le C++.

Dans notre projet, pour communiquer avec la carte, il suffit de la relier via le câble USB à l'ordinateur. Ensuite, nous pouvons mettre un programme sur la carte via la commande téléverser. Il faut cependant savoir qu'un seul programme peut être mis sur la carte (figure3-9).

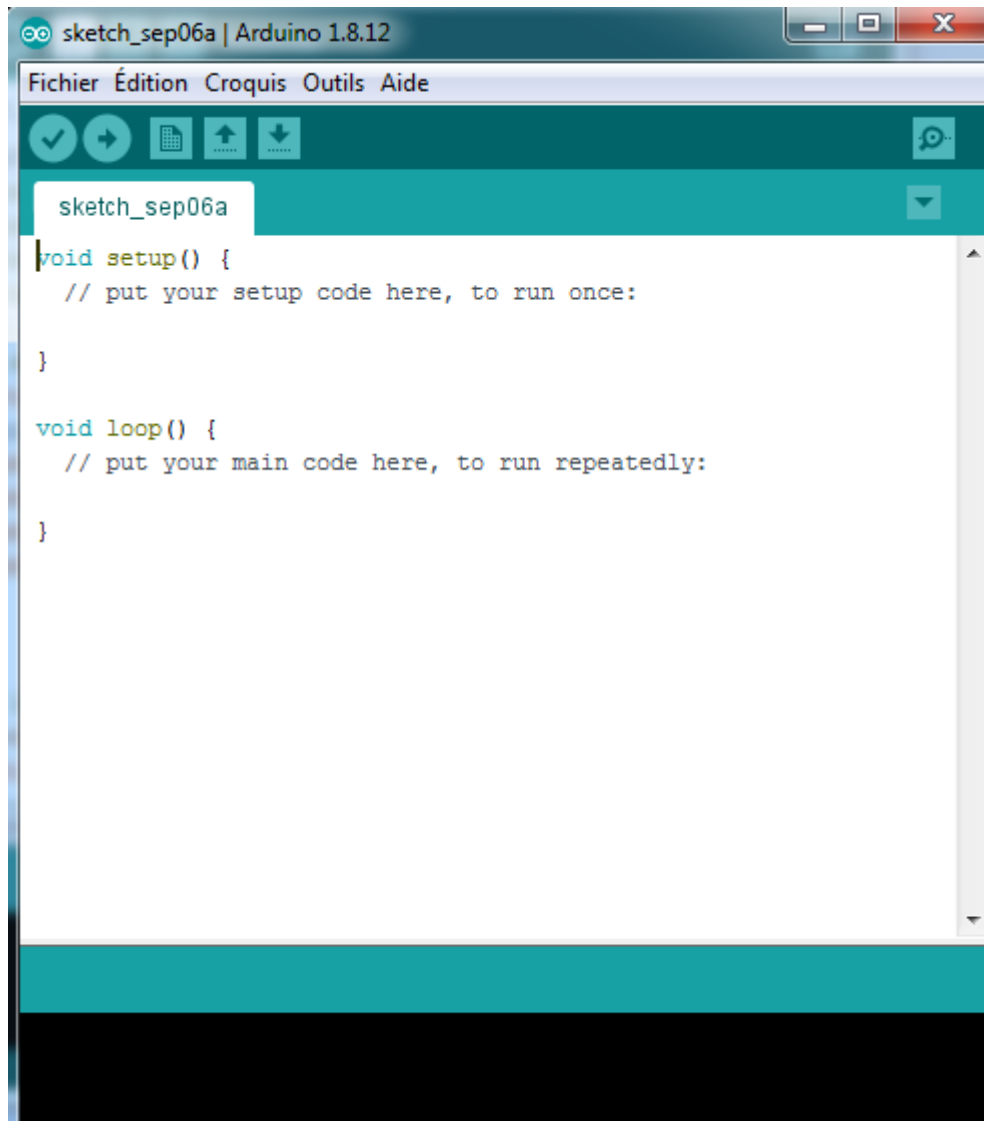


Figure 3-9 : Interface du logiciel Arduino 1.8.9

V. Montage matériel et logiciel

Cette plate-forme est composée d'un kit de montage composé de support, de vis et d'écrous de fixation, permettant la solidarité des composants électroniques à une base solide et mobile.

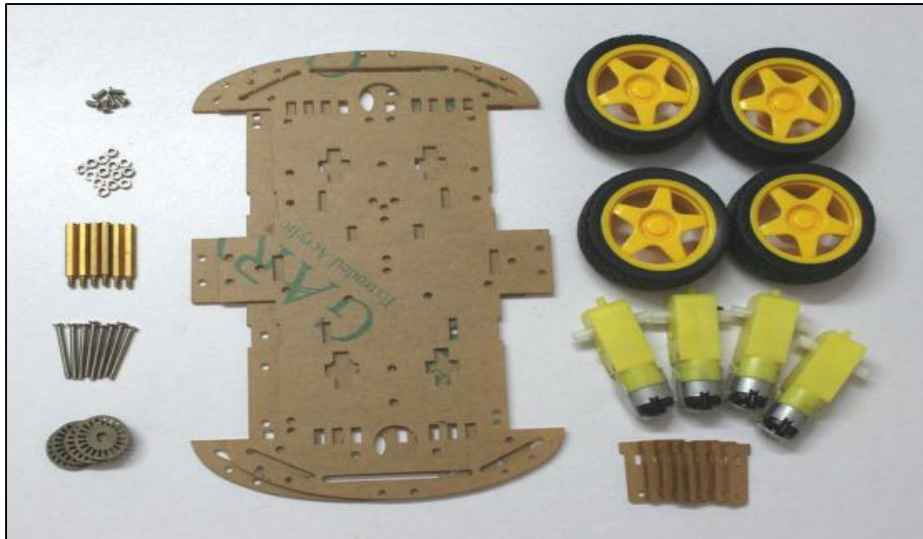


Figure 3-10 : Les composants du robot 4WD

Le kit robot est composé de :

- 4 x Moteur à engrenages ;
- 4 x Pneu ;
- 2 x Plaque de verre acrylique ;
- 1 x Pilote L298N ;
- 1 x Arduino Uno ;
- 1 x Module NRF24L01 ;
- 1 x Module suiveur de lignes ;

On a deux étapes pour l'assemblage :

- **La première étape** consiste à assembler le châssis de la 4WD qui permet de fixer les 4 moteurs, les 2 roues en avant et 2 roues en arrière par des vis et des écrous. La figure 3-11 ci-dessous nous montre la fixation sur le châssis.

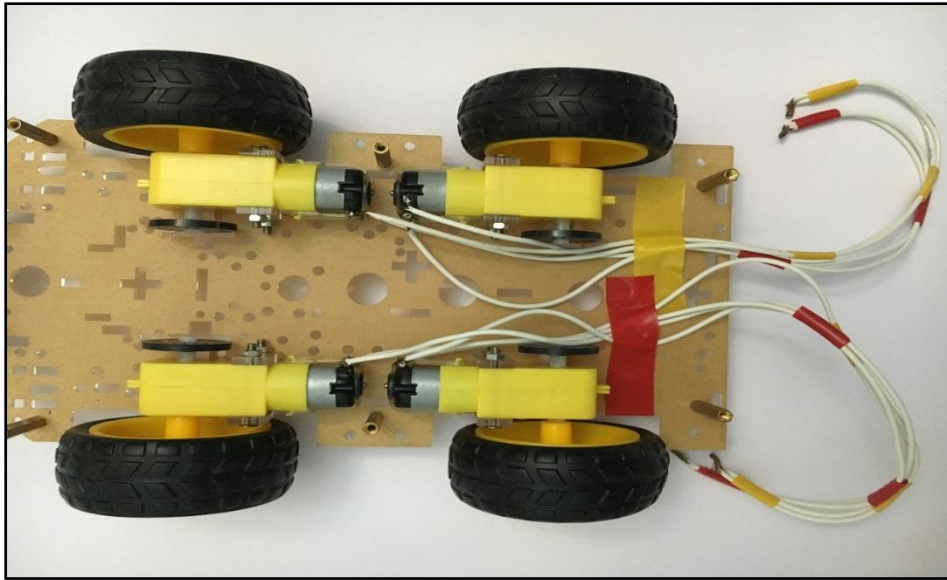


Figure 3-11 : Moteurs et roues fixés sur le châssis

- **La deuxième étape** permet de bien fixer les différents composants (Arduino, les circuits de communications via le PC, l'alimentation) ce qui permet aussi de s'adapter à l'environnement externe.

La figure 3-12 montre le robot avec les différents composants tels que le module NRF24L01, L289N, carte Arduino, suiveur de lignes.

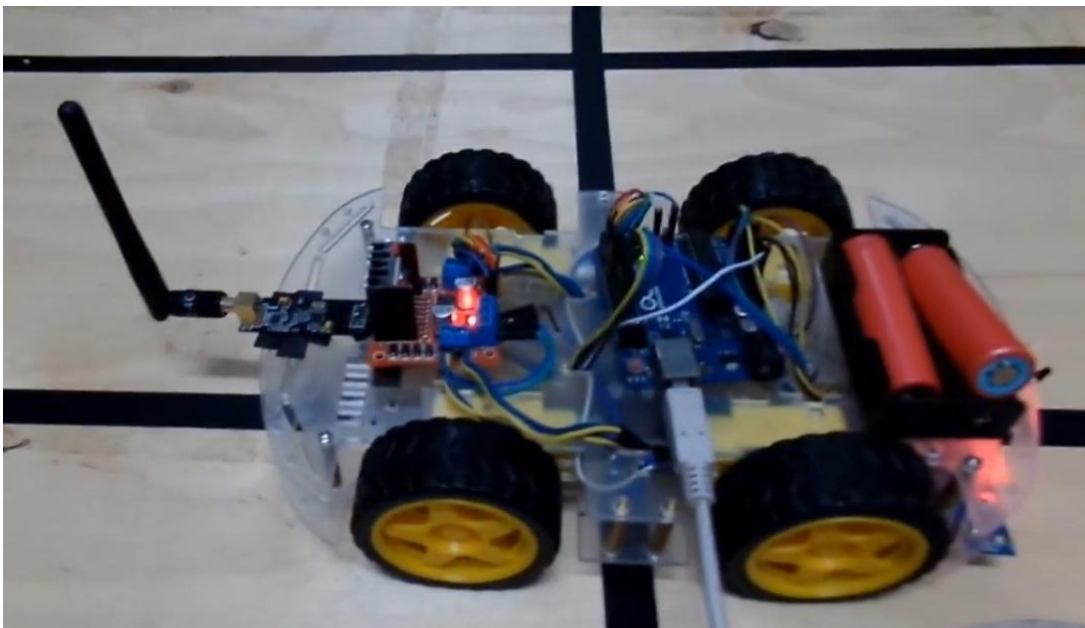


Figure 3-12 : Robot mobile

- **Chargement du programme**

Cette étape consiste à téléverser le programme sur l'Arduino afin d'assurer son bon fonctionnement.

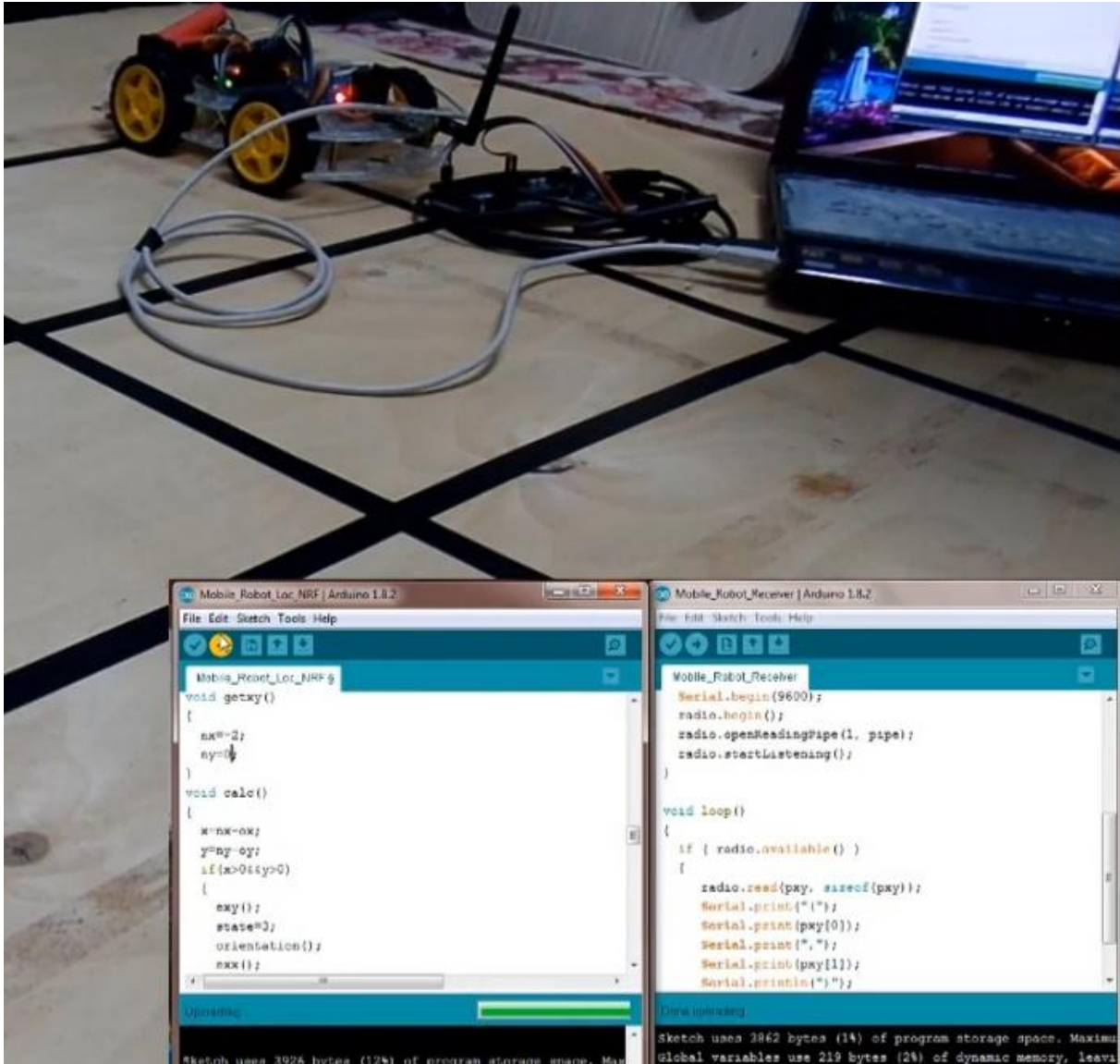


Figure 3-13 : Téléversement de programme vers la carte Arduino

VI. Test et essai réel

La figure 3-14 montre le robot monté, programmé en mouvement avec le suiveur de ligne, mais sans le module de communication sans fil.

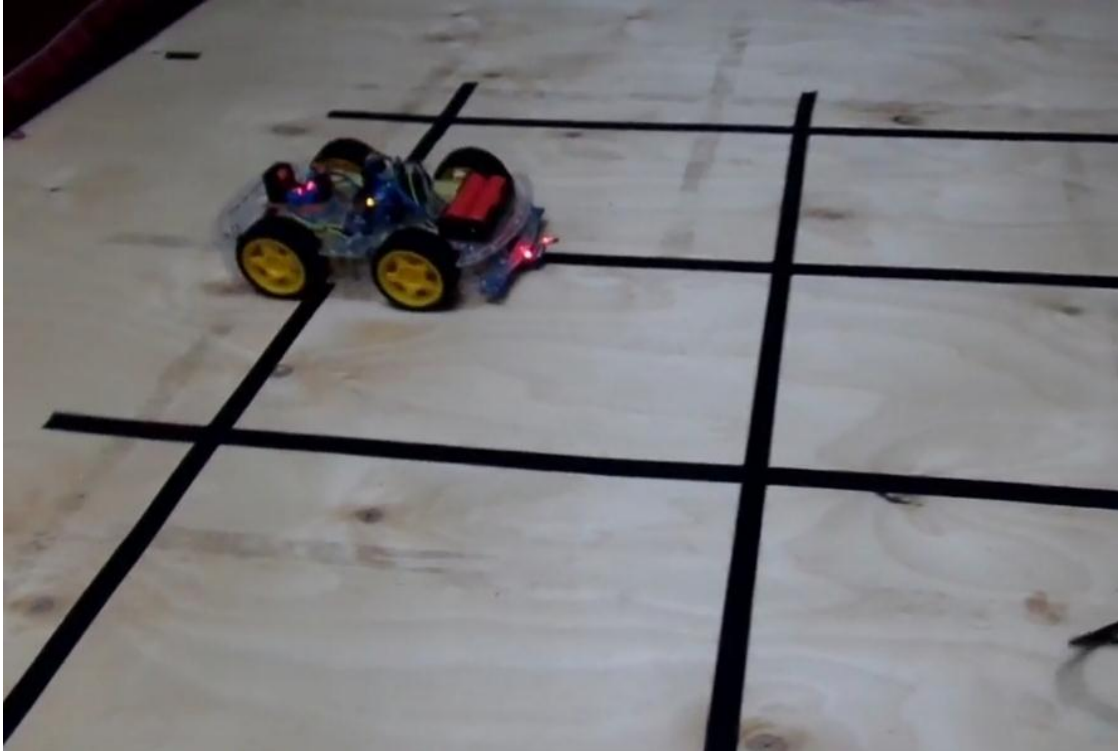


Figure 3-14 : Test sans le NRF24L01

Pour la photo du figure 3-14 le robot permet d'atteindre la position(x et y) qui a demandé par l'utilisateur a l'aide du suiveur de ligne et a partir le programme arduino .



Figure 3-15 : Test générale du robot avec le NRF24L01

Concernent la photo du figure 3-15 le robot est en mouvement pour atteindre une quelconque position et sur le PC on regarde les cordonnées de toute l'intersection qui a passé par lui.



Figure 3-16 : Exemple de coordonnées passer par le robot.

VII. Conclusion

Dans ce chapitre, on a démontré la simulation des différents composants, câblage du montage, finalement le téléversement du programme dans Arduino et les tests.

Un test de l'ensemble des composants associés selon le principe de notre projet a été également réalisé avec succès.

Et aussi, les modes de suivi de ligne et atteinte des positions commandées ont été elles aussi testés avec succès.

Conclusion générale

Ce travail nous a permis d'élaborer un large spectre de connaissances acquise lors de notre formation comme les approches de l'ingénierie des systèmes en transformant les objectifs du robot et ses exigences en termes de critères de design lors de sa conception pour donner une architecture générale qui répond à la mission du robot.

Et comme la mécanique, l'électronique et l'automatique durant l'implémentation des composantes, la réalisation des circuits et la simulation des systèmes du robot.

Après une présentation générale sur les robots, ce projet s'est attaché à la réalisation d'un robot mobile, de la conception à la réalisation. L'ensemble matériel et logiciel a été présenté et testés.

Cet ensemble a donné lieu à un robot fonctionnant selon une stratégie de commande pour planifier une trajectoire donnée.

Une autre tâche a été testée ; celle du fonctionnement autonome : Suiveur de ligne. Tous les tests et essais ont été concluants.

Le mode suiveur de ligne est très flexible au changement des routages qui est fait par un simple traçage d'une bande colorée sur terre et engendre un cout minimale.

Nos prévisions s'orientent vers l'évolution des méthodes de commande à l'aide des capteurs visuels du champ d'action du robot.

Bibliographie

- [1] : Ziane Med Lamine, « Navigation flou d'un robot mobile », Mémoire, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2013.
- [2] : Bedadi Mehdi «Etude et réalisation d'un véhicule autonome », Mémoire, Université Badji Mokhtar de Annaba, 2019.
- [3] : Bour Djilali, « Commande d'un robot mobile Khepera IV », Mémoire, Université Djilali Bounaama Khemis Miliana, 2017.
- [4] : Bertrand Cottenceau Professor, « Carte Arduino Uno microcontrôleur ATmega328 », Université d'Angers France, 2017.
- [5] : ADOUNA Abdellah Charefeddine + YOUSFI Hadj Seddik «Conception, simulation et réalisation d'un robot intelligent », Mémoire, Université de Abu-Bakr Belkaid de Tlemcen, 2016
- [6] : https://www.univ-saida.dz/butec/doc_num.php?explnum_id=367.
- [7] : <https://d1n7iqsz6ob2ad.cloudfront.net/document/pdf/5385a8ca0d804.pdf>
- [8] : http://technomoussi.free.fr/IMG/pdf/Tuto-Driver_Moteur_L298N-2018.pdf
- [9] : <https://boutique.semageek.com/fr/544-module-nrf24l01-24ghz-rf.html>
- [10] : <https://laborjag.com/venta/arduino/5-channel-tracking-sensor-module-infrared-tracking-sensor-module-bfd-1000/>